单相及民用电机修理

（维修技术·彩色图例·技术数据）

潘品英 编著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑：杜坚

封面设计
中国水利水电出版社美术工作室 朱先明



ISBN 7-5084-0674-5 / TM · 66
定价：58.00 元

单相及民用电机修理

（维修技术·彩色图例·技术数据）

潘品英　编著



内容提要

本书主要介绍单相电动机的拆装、检修、绕组结构特点以及电机重绕修理工艺程序。文字叙述简明扼要，条理清楚易懂。电机内容包括单相系列，单相专用（如电风扇、电冰箱、空调器、洗衣机），单相串励系列与小型家电的换向器式电动机，以及部分民用电机（如汽车用电机、三相电动工具、水泵和电梯电动机）等。附录资料翔实丰富，其中包括作者独创画法的电机绕组布接线彩图 250 余幅；还收入单相、家用及民用各类电机的铁心、绕组重绕技术数据表，并力求做到表中每项的绕组型式与彩图实例相对应，从而填补了国内电机修理图书的空白，基本满足了修理的需要。

本书是一本内容丰富、图文并茂的实用工具书，可供电机修理人员对照选用，也可供职业中学、中专、技校有关师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

单相及民用电机修理：维修技术·彩色图例·技术数据/潘品英编著.—北京：中国水利水电出版社，2001

ISBN 7-5084-0674-5

Ⅰ.单…　Ⅱ.潘…　Ⅲ.单相异步电动机-维修　Ⅳ.TM343.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 037697 号

书　　名	**单相及民用电机修理**（维修技术·彩色图例·技术数据）
作　　者	潘品英　编著
出版、发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号　100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sale@waterpub.com.cn 电话：(010)63202266(总机)、68331835(发行部)
经　　售	全国各地新华书店
排　　版	中国水利水电出版社微机排版中心
印　　刷	北京铭成印刷有限公司
规　　格	787×1092 毫米　横 16 开本　23.75 印张　698 千字
版　　次	2002 年 1 月第一版　2002 年 1 月北京第一次印刷
印　　数	0001—4100 册
定　　价	**58.00** 元

前　　言

随着人们生活水平的提高以及农田机械化的进展，单相与民用电动机在家庭、农田排灌等场合得以越来越广泛地应用，电动机的维修工作也日益增加。为帮助广大电机维修人员更好地掌握电机维修技术，作者搜集了大量的资料精心撰写了此书。

本书由维修技术、彩色图例、技术数据三大部分构成。维修技术讲述了各类电动机正确拆卸、装配工艺的程序和要点，并着重介绍各种家用及民用电机绕组的型式、结构等，最后则简要叙述电机故障检修与重绕工艺。本书附录所占篇幅较大，主要内容有附录一的各类电机绕组彩色布线接线图250余幅，其中包括单相系列电动机，罩极电动机，电扇调速电动机，吊扇电动机，洗衣机、冰箱、空调等电动机，家用鼓风、排风、抽油烟电动机，单相及民用三相电动工具，电泵电动机，锥形转子电动机，民用电梯多速电动机，换向器式系列、专用电动机以及汽车交流、直流发电机等十八种类别的电机绕组。附录二则大量收入了上述电机绕组技术数据表，以供重绕修理参考。附录三是电机重绕修理常用材料。

在内容编排上，本书与同类图书相比具有三大特点：一是从实际出发，摒弃繁琐的电机绕组重绕计算内容，节省大量篇幅；二是彩图示例量大，并采用新颖的端面模拟画法，使绕组布接线图更形象地接近于电机实物；三是资料信息量大，附录二几乎涵括已发表的所有各类电机绕组重绕数据资料，而且表中绕组型式与彩图布接线一一对应，是目前同类图书中唯一能做到的。当然，本书在取材和编撰方面仍有很多不足，谬误亦在所难免，诚望读者发现时给予指正。

本书主要由潘品英编写，参与部分工作的还有李梦石、谭丽香、招才万、任慧贞、田水和、米日京等同志。在此一并表示谢意。

潘品英

2001年10月于韶关

目　　录

第一章　电机的正确拆卸与装配

民用电动机是指工业生产用电机之外，在民用设施，如商业大厦、高层居家及其他非工矿设备所用的电动机，它包括单相和三相电动机，主要如高层建筑用的管道加压泵、民用电梯、农用排灌电泵以及汽车上的发电机、起动机等专用电机。它们的结构型式既相近又不尽相同，但主要结构都是由绕组和机械两大部分组成，无论任何部分损坏都将导致电动机不能正常运行；不论绕组重绕或检修换油等局部修理都要将电机拆卸进行。如果拆装方法不当便会造成额外损坏，影响修理质量。所以，电动机的正确拆卸和装配是修理电机最基本的操作。

1-1　电动机拆装的通用方法

电动机绕组烧毁或电机故障检修，一般都要将电动机拆开才能进行。拆卸时应按一定的程序进行，为使拆卸时不至损坏零部件，必须选用正确的方法。

一、拆卸前的准备工作

（1）把工作环境及电动机表面的油污、尘土清扫干净。

（2）做好现场拆卸标记，并作文字记录，内容包括：

1）电动机接线端记号。

2）连轴器（对轮）相对位置及校正状况记录。

3）电动机安装的地脚衬垫情况记录。

（3）电动机解体拆卸前的记录包括：

1）用平凿在轴承小盖与端盖的装配止口凿出痕道记号。

2）在端盖与机座止口处分别凿出识别记号。

3）记录转轴输出端方位。

4）刷握的装置方位记号（对绕线式电动机而言）。

（4）检查转轴在解体前是否灵活，并记下其松紧程度。并注意观察是否有轴端弯翘等现象。

二、小型电动机的解体程序

（1）拆卸连轴器或皮带轮。

（2）拆卸风罩及风叶。

（3）卸开前（输出端）轴承小盖（如无小盖则免此项）的螺丝后将小盖取下。

（4）卸开前、后（风叶端）的端盖螺丝。

（5）在后端盖与机座接缝之间，用平凿将其敲楔开，但最好是在对称位置同时进行。

（6）用硬木板（或铜、铝等）垫住轴前端面用锤敲击，使后端盖脱离机座止口，前轴承脱离前端盖轴承室。

（7）卸开前端盖，再将转子连后端盖一起退出定子。

（8）卸开后轴承小盖螺丝，取下轴承盖，然后将后端盖从转轴上拆下。

（9）将拆卸的所有零部件归拢放好备用。

三、电动机零部件的拆卸方法

（一）传动件（连轴器或皮带轮、齿轮等）的拆卸

传动件本不属电动机零件，但运行后送修的电机一般是附在轴上的，故需先行拆卸。拆卸前注意观察，如有固定螺丝、卡簧或其他固锁元件的，应先行卸去，并在轴颈和轴端缝隙加些汽油或煤油，使之渗入后便于拉出。拆卸的方法很多，常用方法有以下两种。

1．打楔拆卸传动件

选用不太锋利的平凿，沿连轴器与轴肩接缝，用锤敲击垂直楔入凿口，

将传动件挤压退出，然后再换刃部较宽的楔形铁，或加衬垫方铁进行楔入挤压，直至整个退出。最后用锉刀及油石修整打毛的轴肩。

这种方法容易损伤轴颈，而且只在配合公差较松的条件下能用。

2. 用拉马拆卸传动件

一般常采用如图 1-1 的双爪拉马进行拆卸。拆卸时电动机置于水平位置，拉马钩尽量伸入，平直钩住传动件轮缘，为了防止拉钩滑出，可用铁丝把爪臂捆绑。将拉马用木板垫至电机轴中心高度，调正后放入定位钢珠，先用手旋紧螺杆，然后用铁棒插入杆头插孔作均匀、平稳的旋转，逐渐加力将其拉出。如传动件配合过紧，可用手锤对拉马螺杆顶端边打边拉。

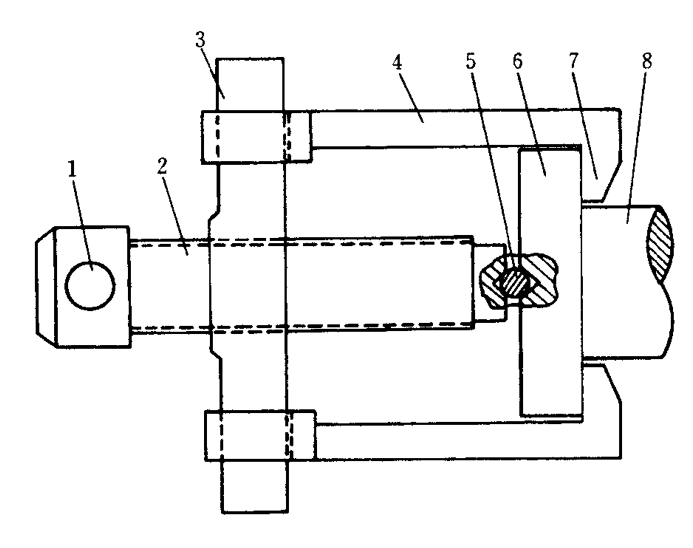


图 1-1 用双爪拉马拆卸连轴器

1—拉马螺杆转动插孔；2—螺杆；3—拉马螺臂；4—拉马爪臂；5—定位钢珠；6—连轴器（或皮带轮）；7—拉马钩；8—电动机轴

如果仍无法拆出则要用气焊或喷灯将被卸件加热至250℃左右，再行加力拉卸。

这种方法适用于拆卸装配较紧或较大的工件。

（二）风罩和风叶的拆卸

风罩由三或四只螺丝固定在电机后部端盖突缘上，只要卸开螺丝即可取下。

风叶装配在后轴伸出端，通常有四种固定方式，其拆卸方法如下：

1. 键装配的风叶拆卸

如图 1-2（a）所示，风叶是由键槽通过键固定在后轴伸出端，由于装配采用过渡配合，为防止在使用中滑出，通常在轴上再用卡簧限位。这种形式主要用于较大的电机。

拆卸时先用专用尖嘴钳取下卡簧，然后用扁头撬棍从轴肩处将风叶撬出。如太紧则要用特制的专用扁头拉马臂爪穿入风叶长方形孔内，再将其扭转 90°钩住风叶，用双爪拉马拉出。

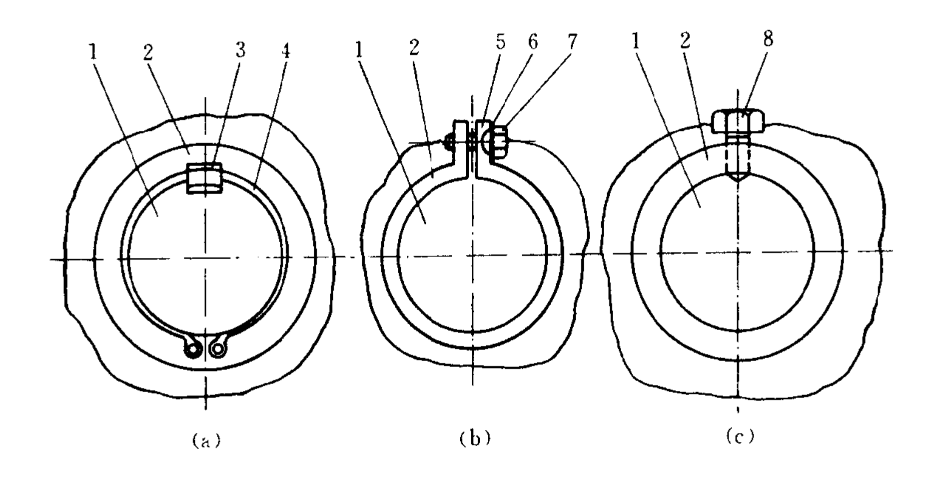


图 1-2 电机风叶（叶根）装配固定方式

（a）键固定；（b）螺丝夹紧固定；（c）定位螺丝固定

1—电机后轴端；2—风叶根部；3—键；4—卡簧；5—风叶根部夹紧凸缘；6—防松垫片；7—夹紧螺丝；8—定位螺丝

2. 夹紧螺丝装配风叶的拆卸

装配如图 1-2（b）所示，风叶是由根部伸出的开口凸缘用螺丝旋紧夹住固定在转轴上。一般用于小型电机。拆卸时先卸开夹紧螺丝，用楔形铁楔入凸缘开口缝隙使其张开，便可退出风叶。

3. 定位螺丝固定风叶的拆卸

装配如图1-2（c）所示，装配轴上相应位置有一凹坑，风叶装配后的定位螺丝正好对准此坑，拧紧后就可将风叶固定在此位置，为了防止螺丝松脱，有的另加一螺母将其锁紧。此法有时与键配合应用，以代替卡簧定位。

拆卸时只要拧出定位螺丝，再用大起子从风叶根端与轴肩之间的缝隙楔入，便可将风叶挤撬出来。

4. 滚花轴压套风叶的拆卸

风叶采用尼龙制作，电机轴的风叶档作滚花加工，然后把尼龙风叶压套装配。这种形式一般只用于小电机。

拆卸时可用大螺丝起子从风叶根端与轴肩的缝隙将其撬出。

（三）端盖的拆卸

电机端盖是由止口与机座配合，然后用螺丝固定。端盖拆卸前要详细检查轴承盖与端盖、端盖与机座等配合缝的标记是否齐全，并记录缺损情况。

1. 小电机端盖的拆卸

小电机一般采用整体式（没有轴承小盖，端盖整体铸出）端盖，拆卸时只需将端盖螺丝卸下，用平凿楔入端盖与机座缝隙，将其挤开脱离止口，然后用起子在对称两边插入缝隙内，用手扶住端盖，同步把端盖撬出。这时要注意检查轴承室，如有波形弹簧圈要妥善保存，并做记录。

2. 中型电机端盖的拆卸

中型电机端盖的直径和重量都较大，一般不易脱出止口，最好借助起重器或人力将其抬起进行拆卸。其操作程序如下：

（1）卸开前、后轴承盖螺丝并取下小盖。

（2）卸开后端盖螺丝，用钢丝绳套住端盖，并将其吊紧。

（3）用顶丝（可用卸下的端盖螺丝）旋入端盖上对称的顶丝孔，均匀地将端盖从定子机座止口退出。

（4）用撬棍从端盖对称的两边楔入，一起用力将端盖撬出后，抬（吊）起放置好。

（5）按同样方法拆卸前端盖。

（四）转子的抽出

1. 小型转子的抽出

小型电机转子较轻，一般可由单人操作，先用双手握抬转子轴两端，持长轴端的手向定子内腔推移到约80%铁心长度时，抽出此手后移到定子另一端将转子托起，两手一起把转子抽出。

2. 中型电机转子的抽出

由于转子较重，一般需三人和借助简单的工具将转子抽出。操作时，宜从短轴端抽出。

（1）在定子抽出端用木板垫至定子铁心下部齐平，以便转子抽出过程停置。

（2）找一根铁管（内径可套入长轴伸端）套入轴端，并由一人在套管末端将转子托起。

（3）转子另一端用绳索和杠棒由两人略微抬起，将套管向定子内推移，使转子从定子铁心内抽出，暂时搁在垫板上。

（4）最后将定子向反方向抬起退出。

（五）轴承的拆卸

轴承拆卸会对轴的配合表面磨损，所以，经多次更换轴承，转子轴的轴承配合段会松动而不能正常使用。因此，电动机检修要尽量避免轴承作不必要的拆卸，尽量在轴上检查轴承。如遇下列情况才予以拆卸或更换：

（1）轴承有明显的损坏或缺陷。

（2）轴承正常磨损的间隙已超过极限值的2/3。

（3）轴承配合轴颈磨损松动需修复，或轴的其他部位损坏需修理、更换转轴。

轴承拆卸时应选用正确方法以减少损坏程度。常用的拆卸方法有以下几种。

1. 单边敲落法

（1）直冲敲落。用一根铜棒或铁棒，一端压靠在轴承内圈，另一端用手锤敲击，如图1-3所示，并在对称的两边轮换敲冲，便可将轴承退出。

此法适用于较小的轴承，而且要求轴承敲击端有开阔的位置，使铁棒能对直靠在轴承内圈。这种拆卸方法是单边受力，轴承拆卸对轴颈的磨损较大。但由于工具简单，容易操作，常为现场检修所选用。

（2）横冲敲落。把转子垂直竖起，欲拆的轴承在下，用一根由六角钢锻制的扁头撬棍插入轴承内圈，尾端用手掌压在垫木上（注意不能用手握持），然后用锤猛击撬棍靠近轴承一端便可将轴承退出。如图1-4所示。

横冲拆卸适用于轴承后盖退位较小而内径在60mm以下轴承的拆卸。拆卸时要使撬棍扁头压内圈，而且在对称位置轮换受力。这种方法操作也简单，也是现场检修常用的拆卸方法。

2. 平行敲落法

用两条角铁（或条形厚钢板）架在两边等高平面上，将轴承卡在角铁上面并夹住转轴，转子朝下悬空，下面衬一块木板；再找一块铜板（也可用铁板或硬木）垫在轴端上面，然后用锤猛击即可使转轴脱离轴承。操作如图1-5所示。

这种方法的着力点在轴承对称位置，轴承退出时对轴颈的磨损较轻，而且使用工具简单，是拆卸轴承的一种较好的方法；但对大转子轴承的拆卸

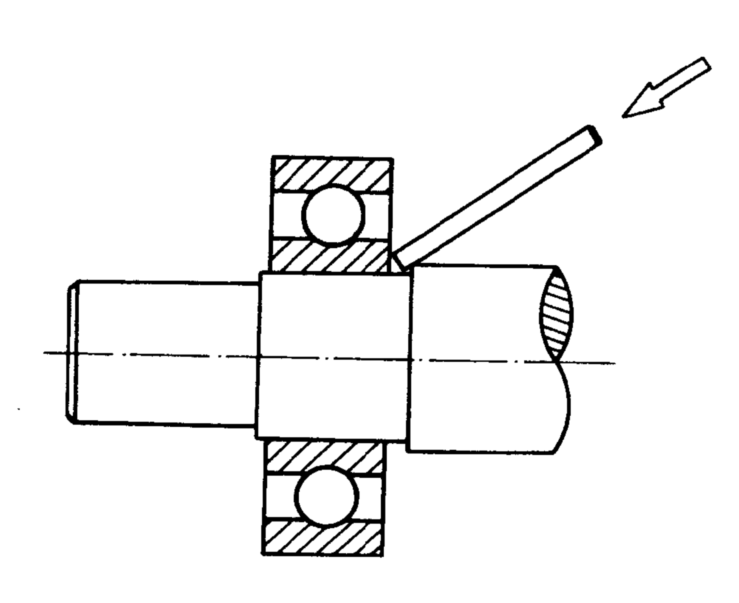


图 1-3 轴承单边（直冲）敲落法

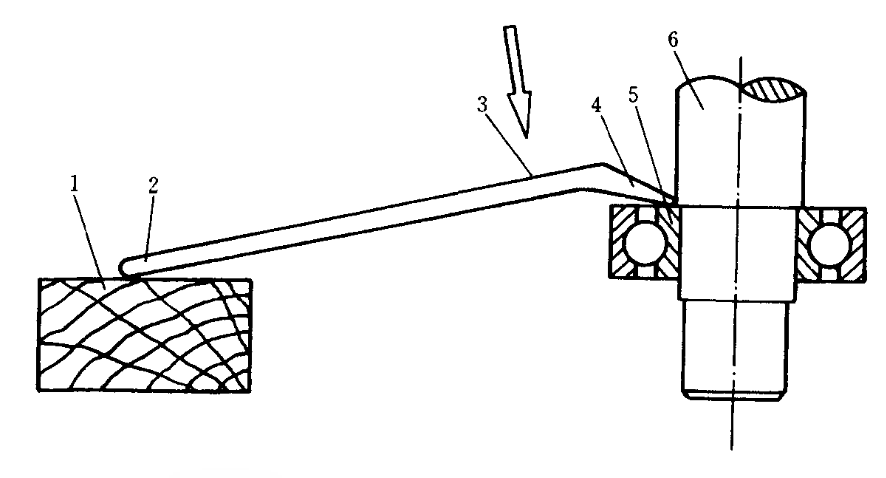


图 1-4 轴承单边（横冲）敲落法

1—垫木；2—撬棍尾端；3—敲击点；4—撬棍扁头；5—轴承内圈；6—转子轴

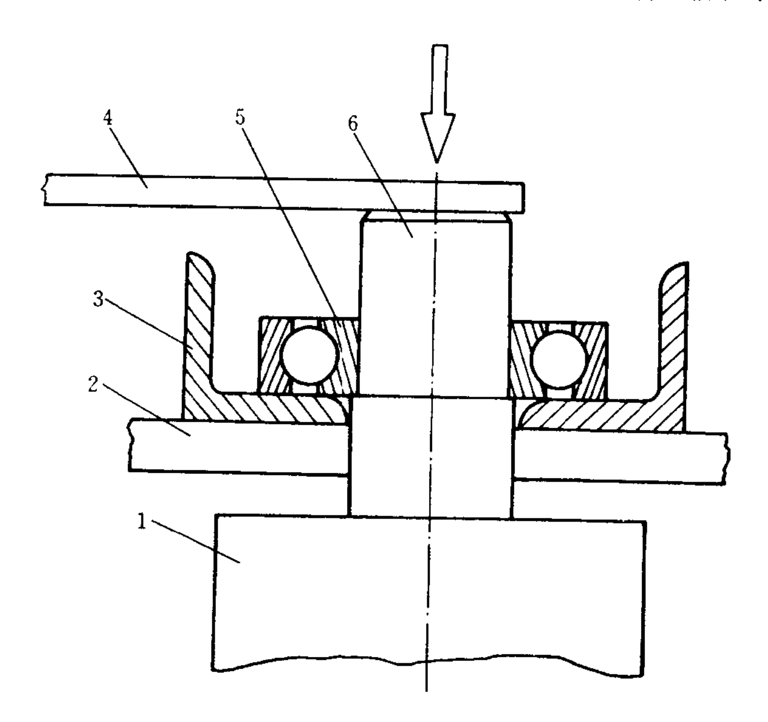


图 1-5 平行敲落拆卸轴承

1—转子；2—架起平台；3—角铁；4—铜板（或铁板）；5—轴承；6—轴端

则不易实现。

3. 通用拉马拆卸法

用木板将拉马平置垫起，使其中心高与轴承中心重合，拉马臂钩扣入轴承内圈，如图 1-6 所示。将定心钢珠放入拉马螺杆顶压端凹坑，并用手旋动螺杆，使钢珠与轴端中心孔对正压住，然后用撬棍插入拉马螺杆顶部插孔，用力旋压，则可将轴承拉出。如果轴承过紧，可用锤在螺杆顶端敲击，边打边拉。

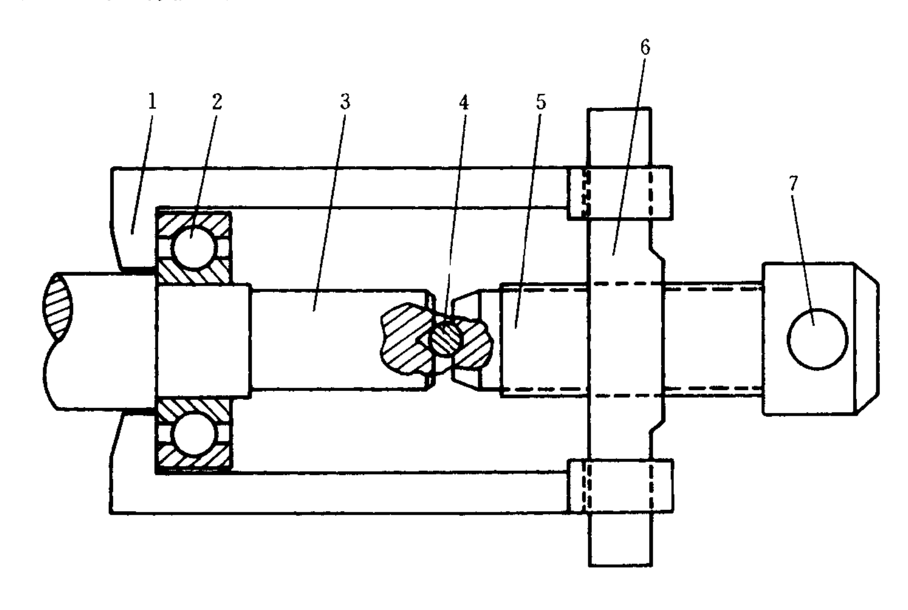


图 1-6 通用拉马拆卸轴承

1—拉马钩；2—轴承；3—电机轴端；4—定心钢珠；5—拉马螺纹顶杆；6—拉马臂；7—旋柄插孔

通用拉马拆卸，无论轴承大小均可采用。由于拆卸时轴承受力均匀，且没有过大的冲击，故轴颈磨损较小，是检修中常用的拆卸方法。

4. 专用拉马拆卸法

由于通用拉马臂的钩较厚，往往插不到轴承内圈位置，或轴承外径大，拉马臂钩的深度够不到内圈时，则用专用拉马进行拆卸。

专用拉马如图 1-7 所示，它由拉板、压板及拉卸螺杆组成。拉板和压板宜选用机械强度较高的 45 号钢制成。拉板的厚度最好有 12mm 以上，但要能插入轴承拉卸间隙为度；压板可再厚些，一般用 16～20mm 为宜（拉卸小轴承则可用较薄的钢板制作）；拉卸螺杆大小视轴承而定，一般用 M8～M16。

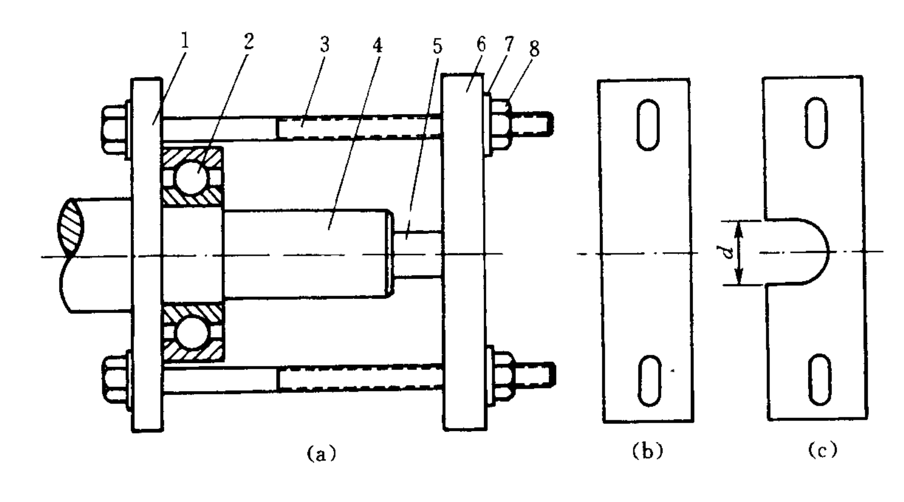


图 1-7 专用拉马拆卸轴承

(a) 专用拉马；(b) 压板；(c) 拉板

1—拉板；2—轴承；3—拉卸螺杆；4—机轴；5—垫块；6—压板；7—垫圈；8—拉卸螺母；d—轴承内径+1（mm）

拆卸时先将螺杆穿入拉板和压板并旋入螺母，再将拉板卡进轴承拉卸间隙，用垫块加到轴端与压板之间，拧紧螺母，检查两螺杆受力平衡后，两边同时均匀旋紧螺母，便可把轴承拉出。

5. 端盖上的轴承拆卸

对于外圈配合较紧的滚柱轴承，端盖拆卸时，轴承或外圈留在端盖轴承座孔内，如要更换则必须退出。拆卸时可将电机端盖反罩如图 1-8 所示，下面垫上一块木板，找一段外径略小于轴承外径的金属圆棒放在轴承外圈，然后用锤击金属棒即可将轴承退出。

四、电动机的装配

（一）小型电动机的装配程序

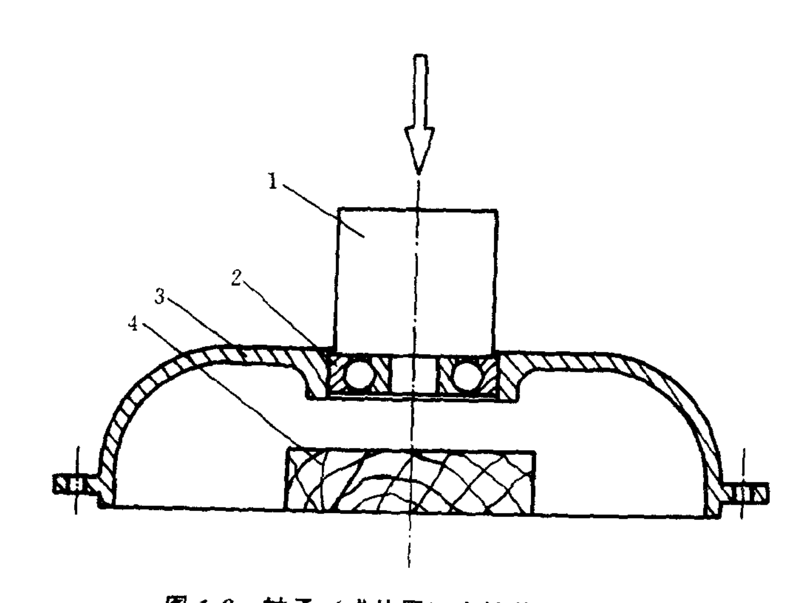


图 1-8 轴承（或外圈）在端盖上的拆卸

1—铁棒；2—轴承；3—电机端盖；4—垫木（或木板）

电动机装配有两种情况，一是检修后的装配，二是绕组大修重绕后的装配。其装配程序大致相同，但重绕后装配前的准备工作较多。

1. 装配前准备工作

（1）先将电机定、转子内、外表面的灰尘、油污、锈斑等清理干净。

（2）再把浸漆后凝留在定子内腔表面、止口上的绝缘漆刮除干净（非重绕电机免此项）。

（3）检查槽楔应无松动，绕组绑扎无松脱、无过高现象。

（4）检查绕组绝缘电阻应符合质量要求。

2. 电机装配程序

（1）轴承装入转子轴。

（2）转子装入定子内腔。

（3）装配后端盖和前端盖。

（4）后轴装风叶和风罩。

（5）进行必要的质量检查、调整和试验。

（二）电机零部件的装配方法

1. 滚动轴承的装配

（1）敲入法。它有单边敲入和平行敲入两种。单边敲入是用锤通过铜棒，分别在轴承内圈上对称敲入。此法一般只用于较小的轴承。装配时轴承受力不均匀，对轴颈的磨损也大，是一种装配质量不高的方法，故宜慎用。图1-9是平行敲入，它用一套筒（最好是用铜套），内径稍大于轴承内径，一端套入轴端并与轴承内圈端面，另一端垫上一块厚钢板，用锤敲击，将轴承敲入。装配要到位，并注意检查有无铜屑、毛刺及其他杂物落入轴承，如有要清理干净才能进入下一工序。

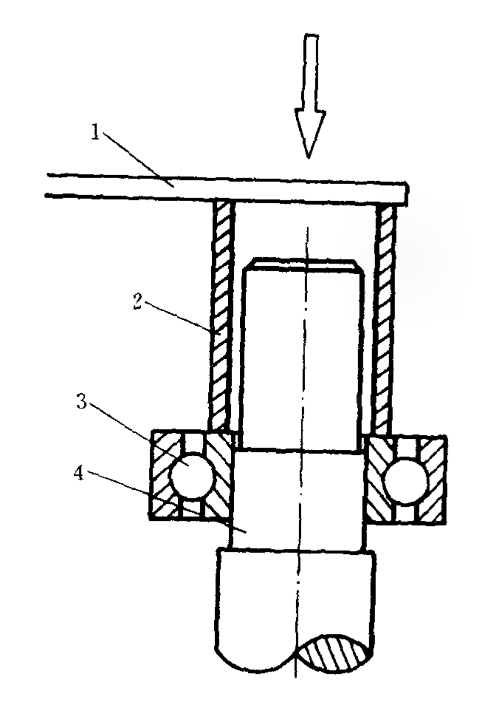


图 1-9 轴承平行敲入装配示意

1—垫铁板；2—套筒；3—轴承；4—转子轴颈

（2）热套法。热套法是轴承装配的首选方法，其工艺如下：

1）检查轴承装配尺寸公差必须满足下式

$$d-D \geqslant H \text{ (mm)}$$

式中 d——轴颈尺寸，mm；

D——轴承内径尺寸，mm；

H——新轴承的径向间隙下限值。

2）将轴承（经清洗干净）加热到100℃左右（内圈可脱的轴承只加热内圈），加热方法最好用清洁的废变压器油煮，或在蒸气、电热烘房中加热；对个别装配的小轴承，也可用电炉或大灯泡烘烤加热。

3）先把轴承后盖套入轴中（如无则免去此项），然后准备好一段内径略大于轴承内径的套筒及手锤。

4）取出轴承，将带型号的面朝外，趁热将轴承内圈推入轴颈，如轴承不到位，则用手锤衬垫套筒将其敲入，使轴承内圈与轴肩密合。

5）冷却后在轴承一面向滚子及滚道间填塞润滑脂，使其从另一面挤出，把轴承两面的油脂抹平之后，在轴承盖储油容积再加1/2～2/3油脂即可。

轴承加热装配是高质量的装配方法，它适用于各种轴承。但用油煮时要把轴承支起或挂起，以免轴承放在油底时沉积的油污杂物进入轴承。另外，密封式轴承不宜油煮法加热，否则轴承内部的润滑脂容易混合和流失而影响运行质量，但可采用其他如蒸气、电热烘箱加热，而加热温度减至80～90℃。

2. 转子及端盖的装配

电动机转子、端盖装入前应再次检查有无碰撞损伤，如无则用抹布将表面尘灰、油污等清擦干净，然后按转子抽出时的相反程序装入定子内腔。小型电动机的转子装入通常可由一人操作，稍大的要双人配合。

（1）后端盖的装配。用方木将后端盖仰面平置架起，如有波形弹簧的要将其放入轴承室内壁，将转子后轴端连同加好油的轴承垂直插入端盖轴承室孔，然后在加硬木垫住的前轴端，用手锤将转子敲压到位（如有轴承盖再拧上螺丝），这时盘动转子应灵活转动。

（2）转子推入。用木板将定子略垫高（便于带端盖的转子装入），查找出定子后端位置记号，右手抓转子后轴伸，左手从转子铁心下部托起，将前轴端伸向定子内腔，转子在腔内的铁心暂时停搁在定子铁心上（勿压到线圈），左手抽出后从定子前端伸入接住轴端，并把转子托起向前推入。然后找准端盖固定螺孔位置，用手锤把后端盖敲压入止口，最后均衡拧紧端盖紧固螺丝。

（3）前端盖的装配。

1）整体式端盖的装配。装配时在轴承室涂抹少许润滑脂，把波形弹簧放入轴承室底壁，端盖套入前轴承，并对准固定的端盖螺孔，用手锤在硬木衬垫下将端盖止口敲入定子机座，紧固端盖螺丝后，用手盘动转轴应灵活；否则用手锤衬木板在后轴端上轻敲几下，使相对位置调整正确。

2）压盖式端盖的装配。压盖式端盖轴承的限位是由小盖止口凸缘夹持固定的，一般没有波形弹簧圈，通常在老式电动机和较大容量的电机中采用。装配时先将一根无头且较长的定位螺杆拧入轴承后小盖（先装在轴的轴承后面）螺孔（如无，也可用一根铁丝一端弯钩并穿过螺孔，勾住小盖），把前端盖套入轴伸，使端盖上的轴承盖孔套入定位螺杆，将端盖压入止口（注意对准定子螺孔），装上并紧固端盖螺丝后，把定位螺杆拉紧，装入轴承外小盖，拧入小盖螺丝，拧出定位杆将全部螺丝固紧。最后试盘动转轴，如过紧则冲击后轴端，使转子调整到正确位置。

3. 风叶与风罩的装配

电动机自冷风叶应根据不同型式的叶根进行配装，小电机一般采用尼龙或塑料整体压铸的风叶，它的叶根内孔有防滑槽纹，只要将它压入后轴伸至轴肩位置即可使用。功率稍大的电机风叶采用如图1-2（b）的夹紧固定，装配时松开螺丝，套入轴端后，用螺丝头压住防松垫片，然后弯折片缘使一边紧贴夹紧凸缘，另一边折向螺头的六角平面使其固定。再大功率的叶根是用平键来固定的，装配时先将键槽清理干净，放好平键，把风叶推入到轴肩位置，然后将卡簧张开套置到轴端卡簧槽内即可。也有风叶如图1-2（c）的固定，因其效果不好，目前已较少应用。

风罩是风叶散热导流及安全防护部件，要求风罩完好无损，即后部通风孔既畅通而不得破裂。安装时套入电机外壳后端部，用螺丝加平垫、弹簧垫圈固定在端盖凸缘上。最后盘动转轴应无碰擦现象。

1-2 单相国产系列电动机的拆装

单相国产系列电动机主要包括DO_2、DO、JX系列单相电容运转电动

机，CO_2、CO、JY 系列单相电容起动电动机和 BO_2、BO、JZ 等系列的单相阻抗分相起动电动机。输出功率一般在 700W 以下，属于一般用途的微电机。

单相电机的结构与普通电动机基本相同，故拆装方法可参考上节内容，但由于它的轴承盖与电机端盖为连体设计，故两端均没有轴承盖，而且容量小，整机体积也小，常设计成铝质外壳（机座）。由于铝金属质地较软，特别是新的电动机，前后端盖与机座止口的配合较紧时，采用前述的方法拆卸容易造成端盖变形损坏．故单相电机的拆卸方法略有变化，其拆卸程序如下：

（1）拆卸前准备及作记录、定位记号等。

（2）拆卸输出轴的传动件（如连轴器、皮带轮、齿轮等）。

（3）拆卸后部风叶罩及风叶。

（4）拆卸后端盖螺丝。

（5）用木板衬垫前（输出）轴端，用手锤敲击（或直接用木锤）使后端盖连转子一起退出。当后端盖脱离止口和前端轴承脱出轴承室后停止敲击，用手托扶转子连端盖从定子内腔抽出。但敲击不要用力过猛，以免转子脱出定子时碰坏线圈。

（6）拆卸前端盖螺丝，用木棒（长度略长于定子）的一头从定子内腔伸入并顶住前端盖，用手锤敲击另一头，使之与止口脱离，但要防止端盖脱开时落地损坏。

（7）找一块厚木板置于坚实工作面上，双手拿起带端盖的转子，使端盖一端向下，将转子轴头垂直下冲木板，则电机后端盖脱出转子轴承。

至此电机解体基本完成，余下的轴承拆卸、清洗以及整机装配方法与上节所述相同，可参考进行。

1-3　单相家用电扇电动机的拆装

在现代生活中，空调器虽已进入家庭住户，但由于电风扇使用方便，成本价格低廉且用电节省，故目前仍广为通风纳凉所普遍选用。根据不同的使用环境，电扇有不同的形式，如台扇、落地扇、壁扇、转页扇和换气扇等。

电风扇有设计成用于交流、直流和交直流电源的电动机，但目前的民用电扇主要采用单相电容运转式电动机，老式电扇则有罩极式电动机。在电扇产品中，换气扇结构最为简单，而台扇、壁扇及落地扇除固定底座不同外，主体结构基本相同。下面就以台扇为例叙述电动机拆装的要点。

台扇主要由支柱扇座、俯仰角托盘、机头、摇头机构、扇叶及网罩等组成。拆卸方法与步骤如下：

（1）拆卸前网罩．电扇网罩是由扁钢制成纬线圈和圆钢丝经线均匀分布点焊而成，外表再镀铬抛光，既有安全防护作用又可作为美观的装饰。网罩由前、后两半对合而成，拆卸时将后网罩外缘的几只扣夹向外翻转脱开即可取下前罩。

（2）拆卸扇叶。电风扇的扇叶除转页扇和部分换气扇采用塑料铸压成形外，其余电扇品种均用铝板扇叶，它由 3 个叶片铆在法兰套的根盘上，前端中心再加旋盖作为装饰。拆卸时将法兰套上的锁紧螺丝旋松即可把扇叶整体从电机轴上退出。扇叶取出后要放好，以免受压而变形。

（3）拆卸后网罩。后罩中心是网罩钢丝焊接的环形根部，又是后罩固定在电机前端的部件，它由 3～4 颗螺丝固定，旋出螺丝便可取下后网罩。

（4）拆卸减速箱。电风扇减速箱是蜗杆蜗轮机构，装置在电动机后部，故俗称机尾箱。它通过摇摆连杆和离合控制部件构成机头摇摆机构。拆卸时先将机尾后部的电机外罩螺丝旋出，则外罩可取下，再把机尾箱下面偏心转盘连杆销子的卡簧退出，使摇摆连杆与机头脱开．旋出机尾箱上面的摇摆离合器钮把，拆卸箱面两颗螺丝后可取出二级蜗轮对。如系滑板式或杠杆式机构则无此钮，但拆卸蜗轮对前需卸开钢丝拉绳。最后从电动机尾部卸下两颗螺丝便可将尾箱取下。但有的机尾箱与风扇电机后端盖制成连体，尾箱壳不能卸下，但不致妨碍转子抽出。

（5）抽出转子。风扇电动机后端盖止口与定子铁心外缘配合，并用四根穿心螺丝穿过铁心小孔旋入前端盖螺孔固定的，卸下穿心螺丝，取下后端盖便可将轴子连轴从定子内腔抽出。由于电源进线是穿过后端盖并焊接于定子绕组上，故在后端盖退出止口后，用烙铁将线头烫出并做记号。

（6）拆卸定子。电动机定子铁心外缘前端是嵌入前端盖装配，通常是用小铜棒从端盖散热窗孔伸入将定子敲出。操作时将电风扇放倒使前端盖边

缘架起平放，定子架空后下面用棉布或其他软物衬垫，以免定子敲落时损坏线圈，为便于正确装配，取出定子前要作方位记号。

定子铁心取出后便可进行检修或重绕。电风扇的装配逆此程序进行，但装配前各机械部件必须清洗干净。电风扇轴承虽是含油轴承，但装配时仍需润滑，即前轴承加机油，机尾箱加1/2容积的黄油。电动机装配完成后用手旋动转轴应旋转自如再装网罩，如果转动不顺畅要进行调整，检查的主要内容是定子铁心与前、后端盖是否装配到位，穿心螺丝受力是否均匀等。整机调整

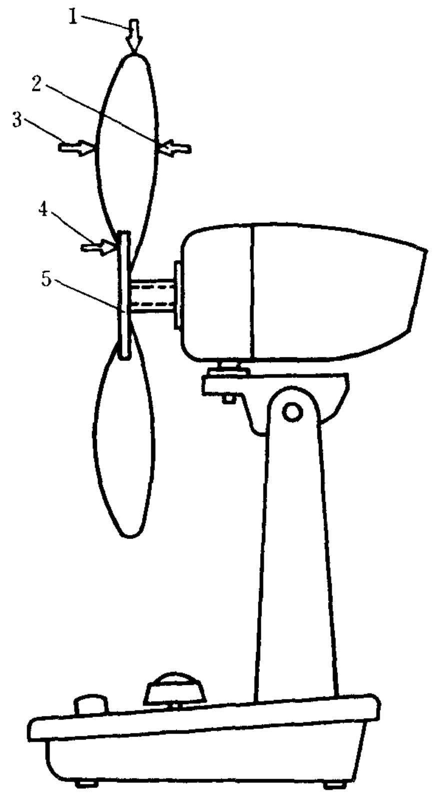


图 1-10　电扇风叶校正点示意图

1—风叶顶端（摆度）校正点；2—风叶扭角后部校正点；3—风叶扭角前部校正点；4—风叶根盘轴弯校正点；5—风扇根盘法兰套筒

装配后试运转应平稳无噪声，如出现抖动或强烈风噪声则可能是风扇变形、转轴弯曲或轴承过度磨损所致，必须进行校正处理。检查调整方法如下：

(1) 轴弯检查。检查前卸去前网罩，使电动机轴线与工作面平行，放罩平稳后用手将电动机轴往后推到尽端，用划针盘置于扇叶相对位置，划针尖端靠近风叶根部法兰盘，如图1-10所示的“1”位置。要求之间留有一丝间隙，缓慢盘转风扇，如无轴弯则间隙均匀无变化；若间隙不均则是转轴弯曲，必须由钳工进行校正调整，否则只能更换新轴。业余检修可在木板上钉一垂直木条，再缠绕金属丝代替校正针进行检查。

(2) 扇叶变形的检查。现代电风扇叶为三叶式，呈120°均匀分布并铆于法兰套的盘根上，由于是单端固定，极易移位变形，若检修拆卸不当或受风力作用而使用日久都可能使叶片扭角改变而导致运转时产生振动和噪声。校正是要求三叶片处于相同空间位置，校正检查时必须在无轴弯的条件下进行，主要检查叶片前、后、顶三点。操作时将校针靠近校正点，然后缓慢盘转风叶，应使各叶片在同一校点的位置相同，若相差时可用手扳动叶片调整到位，三叶调好后再检查另一校点，三点校正后要进行复查，反复几次才能达到调整目的。如顶点校正发现误差较大时可能是轴承间隙过大造成，应予检查、更换。

上述调整如能满足要求，一般都能消除故障，若仍有较大振动、噪声则有可能是叶片静平衡问题，这时需将叶片卸下，交专业部门检验。这里不作介绍。

1-4　单相外转子式吊扇电动机的拆装

家用吊扇属于电风扇的特殊型式，是一种悬挂在房顶的大型低转速风扇。它由悬挂装置、电动机（机头）、扇叶三部分组成，如图1-11所示。

(1) 悬吊装置的拆卸。悬吊装置包括悬挂器和悬吊杆，悬挂器由吊攀、吊杆销子和悬挂消振橡胶轮等组成。将悬挂胶轮扣入天花板的吊钩，再用悬吊上罩遮护兼作装饰。悬吊杆为空心钢管，下端套入电动机悬吊固定心轴，并用销子横穿连接、再用开口销将销子锁住。拆卸时先拔出吊扇的电源插头，旋松上罩螺丝后将罩下移，卸开胶轮轴心销子后即可卸下整台吊扇。

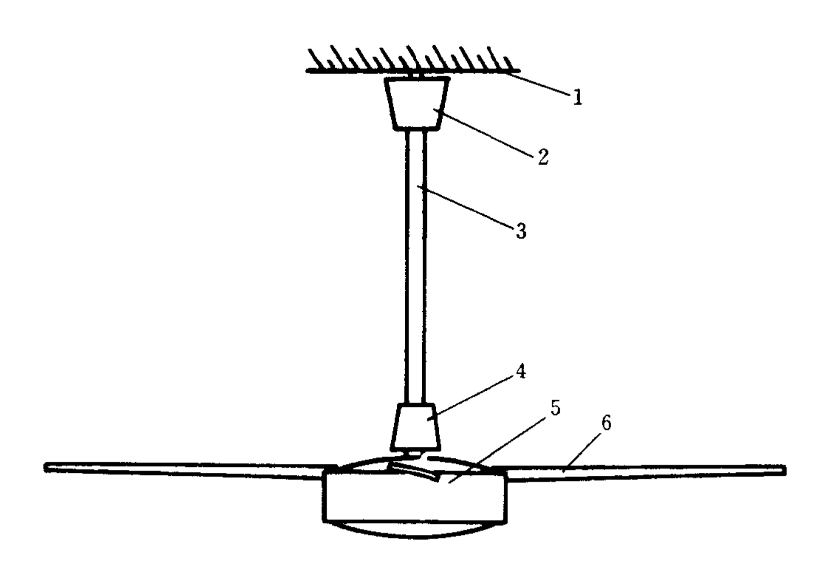


图 1-11 吊扇的结构示意图

1 天花；2 悬吊罩；3 悬吊杆；4 接线盒罩；5 电动机；6 扇叶

（2）拆卸扇叶。吊扇通常用三叶片（旧式吊扇有用四叶片）呈 120°均布的形式。叶片是用铝板在模具中冲压成形，故同一台吊扇的叶片形状及重量必须完全相同，但不同的吊扇其叶片各有大小，断面曲率变化也不同，因此，即使是同一厂家的吊扇叶片也不能混用。扇叶的拆卸最好在卸下吊扇前进行，这样可避免整机取下时碰撞造成损坏，但如空中作业不便，也可在整机卸下后才拆。吊扇的叶片根部是铆在叶柄上的，卸开电动机壳上平面的叶柄螺丝便可取下扇叶，然后将其挂起放好，切勿受压。

（3）电动机拆卸。吊扇电动机又称机头，属于特殊型式的单相电容运转电动机。拆卸时先将悬吊杆下罩上移退出，从接线板上拆开电动机和电容器的线头，并作记号；再卸开连接销，取下吊杆。吊扇电动机结构不同于一般单相电动机，它的定子铁心形状近似于普通电机的转子，故称内定子；鼠笼式转子设计成环状，装置于内定子外围，故称外转子电动机。吊扇电动机呈扁圆形，外壳结构有两种，一是呈两半盒形结构，如图 1-12(a)所示。拆卸时将电动机上盖(壳)四只螺丝卸下，将电机侧面竖起，下面衬垫软木块，并在夹缝处做好

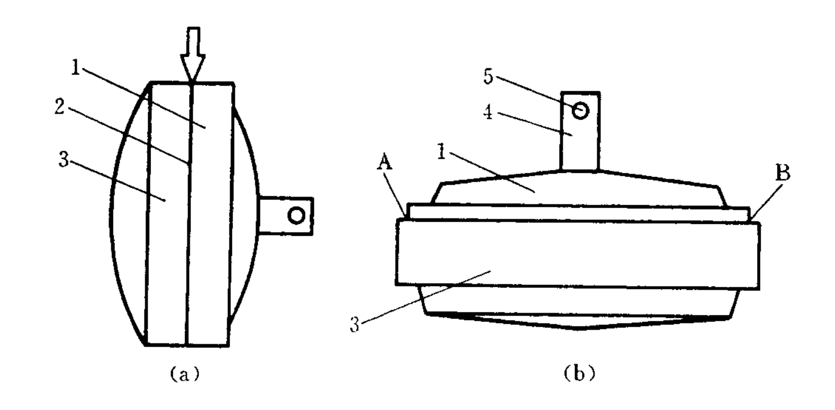


图 1-12 吊扇电动机外壳形式与拆卸方法示意图

1 上机盖；2 合缝；3 下机壳；4 定子心轴(空心)；5 吊杆连接销孔

记号，用起子垂直对准夹缝，以手锤轻敲出缝隙，脱出止口后用起子插入缝隙对称位置撬动，使机壳轴承室与轴承脱离，再取出外转子。另一种是盖式结构，如图 1-12（b）所示，它的外转子完全装入下机壳，把上机盖外缘嵌入下机壳止口。拆卸时先旋出上盖四螺丝，用螺丝（或用原来的销子）插入吊杆销孔，再用钢丝绳（或铁线）将其悬吊起来，但离工作平面不宜过高，下面垫上木板或棉布，以防外壳落下时损坏，然后用铜棒压近下机壳外缘凸边如图中 A、B 处，用手锤对称敲击使其脱落。最后将绕组外部的引出线由空心轴口退入定子，将定子翻转捧起，空心轴垂直向下冲向木板则上盖机壳脱离上轴承与定子分开。定子拆卸完毕，可进入检修或重绕工序。

吊扇电动机的装配程序与拆卸相反，正确的装配是检修质量的关键，下面仅从操作工艺说明其装配要点：

（1）轴承的装配。吊扇电动机采用上、下两只滚珠轴承，一般检修无需拆卸，若轴承损坏或绕组大修时才予拆出，拆卸和检查方法可参考 1-1 节叙述。轴承装配前，应对轴承检查，如有损坏或过分松动要更换。安装时，上轴承下面有一护油盘，可避免润滑油溅到定子绕组，其形状如图 1-13 所示。可用车制或冲压而成，其内径 d 与轴要有较紧的配合，D 的直径应大于轴承外径，贮油深度 h 应不小于 1～2.5mm。安装时不得遗漏，否则会影响正

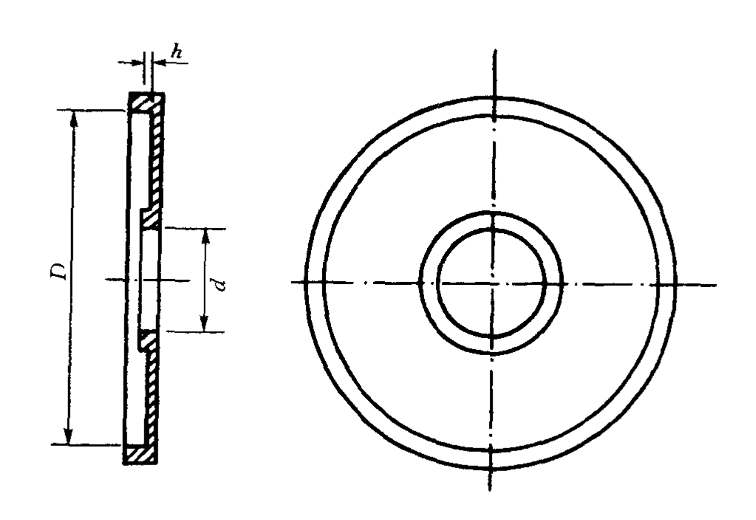


图 1-13　吊扇上轴承护油盘

常运行，还容易损坏绕组。

护油盘在轴承后面，拆卸轴承时往往会造成变形，要修复规整后才能重新使用，如要加工新件，其尺寸必须要与原件相同，否则装配后的电动机可能会"轧死"或噪声增大。有的吊扇设计时选用180型全封闭轴承则无需护盘，更换轴承必须换用相同型号轴承。轴承和护盘的安装要加套筒压入，具体可参考1-1节介绍的方法。

(2)转子和定子的安装。由于吊扇电动机下机壳的底部不是平面的，装入电机外转子时先找一内径小于机壳的环形物平置于工作面，上面垫上几层布，将下机壳平稳放在上面，再把转子对正平放，用质地较硬的木方架压在转子上，用手锤轻敲，使转子压入壳内，再检查转子应平正、到位，然后把内腔清理、擦拭干净。

定子装上轴承后，将上、下机壳的轴承室抹干净并涂上少许黄油，定子下端轴承垂直进入轴承室，如较紧可用木锤在轴端轻轻敲入，再将定子绕组引线经空心轴穿出。最后再把上机（盖）壳内孔套入定子轴，注意不要损伤引出线，盖入止口，用木锤轻敲上盖四周，使之合拢到位，再旋紧上盖螺丝。安装完毕后，悬吊起电机，用手盘转应有惯性自如，若转动不灵活，将电机放下检查机壳是否装配到位，并在四周敲敲，如仍不行则可能是轴承与轴承室配合较紧产生应力，这时可用铜棒在空心轴端（不要伤及导线）轻敲几下即可。

(3)试车及风叶校正。吊扇电动机装好后按记号把绕组引线接入接线板，并将电容器在接线板中串入副绕组，通过开关接通电源，空载运行30min，如无杂音、无异常再装上扇叶试运转，应平稳、无明显晃动。如果晃动很大，停机检查叶片有否装反，如无则可能是扇叶变形，这时要检查、校正扇叶。其方法如下：

1）制作校正架、找一段"冂"型钢，如无也可用钢板焊成，长约10cm，将上下两面加工铯平，照扇柄孔位钻孔，并相隔并排三组。

2）将校正架放置在较大的钳工划线平台上，用重物压住如图1-14所示的B面以防倾翻。

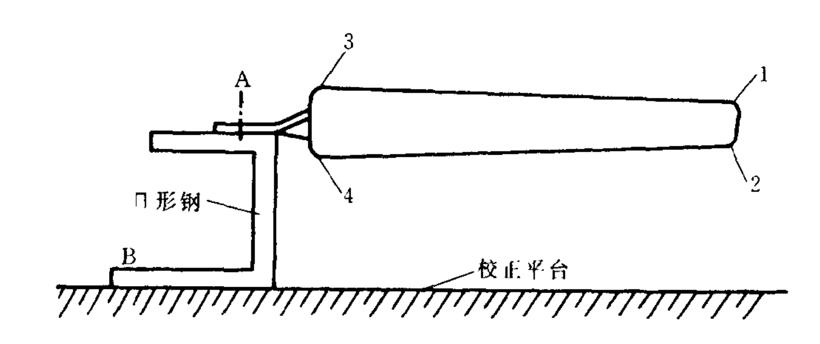


图 1-14　吊扇叶片检查点位示意图

1　叶片叶端高点；2　叶片叶端低点；3　根部高位；4　根部低位

3）把扇叶逐个用螺丝安装在型钢上平面，注意不要装反。

4）用钳工常用的划针盘检查各叶片叶端高点"1"和低点"2"均分别相同。同理再分别检查各叶根部高位"3"和低位"4"，若三叶片在各检测点均分别相等说明此套扇叶无变形，若有一点不同都要调整校正到位，并要反复数次，使各扇叶在各个校正点上做到丝毫不差，校正才算完毕。

1-5　单相家用洗衣机电动机的拆装

洗衣机用电动机主要包括洗涤用电动机和脱水（甩干）用电动机，结构

基本相同，装在洗衣机底部的支架上，如图1-15所示。为了减小运行产生的振动，常在电动机与支承座间衬垫防振橡胶垫，并在减振套支承下用螺丝固定。另外，也有通过螺杆及减振弹簧将电动机吊装在洗涤桶下面，这种结构一般用于金属桶的洗衣机，它可减低机振和噪音。

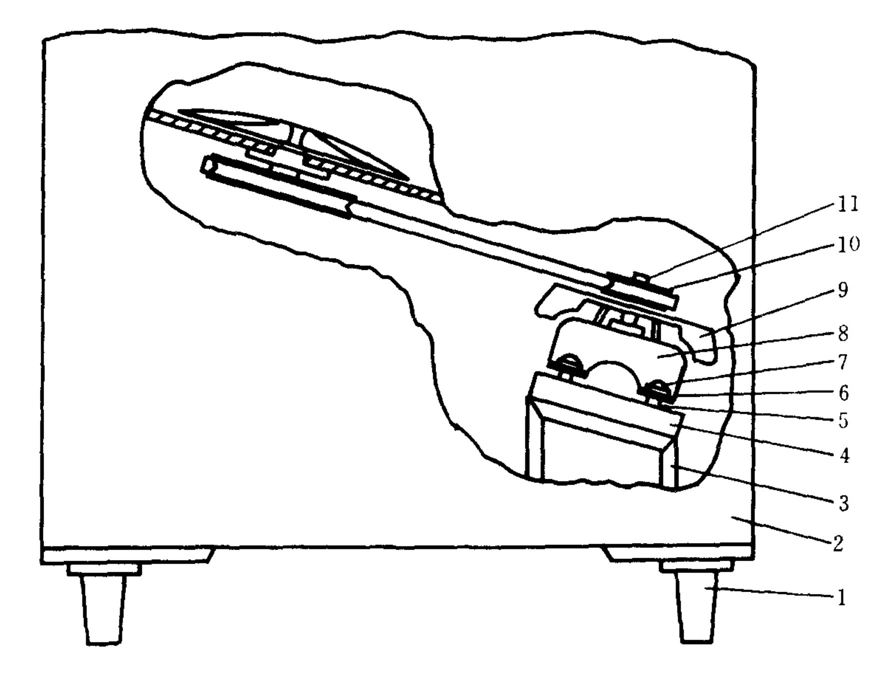


图 1-15 洗衣机用电动机装置及传动示意图

1—机脚；2—外壳；3—支架；4—防振垫；5—减振套；6—安装调整座；7—固定螺丝；8—电动机；9—冷却扇叶；10—主皮带轮；11—电动机轴

洗衣机用电动机需带负载频繁正反转起动，工作于较恶劣的潮湿环境，故电机故障时有发生而需检修。电动机检修需从洗衣机上卸下再进行检查和解体。

（一）电动机卸下的程序

（1）断开电源，拔下洗衣机电源插销。

（2）卸下机身后背盖板螺丝，取下后盖。

（3）将进入电动机的电源线从线束子或绑带中解除出来，然后从接头处断开接线，并做好接线记号和记录。

（4）拧松调整座板（法兰）的固定螺丝。

（5）取出传动皮带。

（6）卸开电动机座板的固定螺丝，取出电动机，如有减振套垫则要做好记号和记录，以便安装时复位。

（7）在皮带轮的径向找到固定螺丝后，先松开锁紧的防松螺母，然后再松开固定螺丝，再把皮带轮退出电动机轴。

（二）洗衣机电动机及其解体与装配

洗衣机电动机是单相电容运转电动机，虽然有多种型式，但其结构大同小异。图1-16是洗衣机电动机的典型结构，它通常采用立式安装于洗衣机底部，为了减轻重量、缩小体积，电机外壳常设计成散热效果较好的开启式结构，而且省去专用的定子机座，而将电机上端盖设计成法兰形式，代替机座作为安装支承，端盖用钢板冲压成型，也有用铝合金铸造成型。为了防止电动机温升过高而烧坏，提高降温效果，电动机采用大直径扇叶，既可增加排风量，又可作为电动机的防护罩，防止漏水侵入电机，提高正常使用寿命。风叶与皮带轮连体，安装时用固定螺丝压紧后用防松螺母锁紧。

洗衣电动机检修或重绕需将其解体，其拆装步骤如下：

（1）反旋松开皮带轮固定螺丝的防松螺母，再松开固定螺丝，退出扇叶连体皮带轮。

（2）做好定子铁心与端盖及上下端盖相对位置的记号。

（3）卸开上下端盖螺丝，退出上端盖。

（4）退出下端盖，但要注意理顺引出线，以免将其拉断。

（5）抽出转子，注意保存波形垫圈，以防丢失。

电动机检修后则按相反程序进行装配，但端盖安装时要对齐记号，并用木板衬垫均匀轻敲至止口再用螺丝拧紧，切忌大力敲打造成端盖变形。

（三）电动机安装

电动机更换或修理后装回洗衣机原位的程序应按拆卸时的相反程序进行。但装配调整须注意如下事项：

（1）皮带轮的定位螺丝必须旋紧到位，并将防松螺母锁紧。

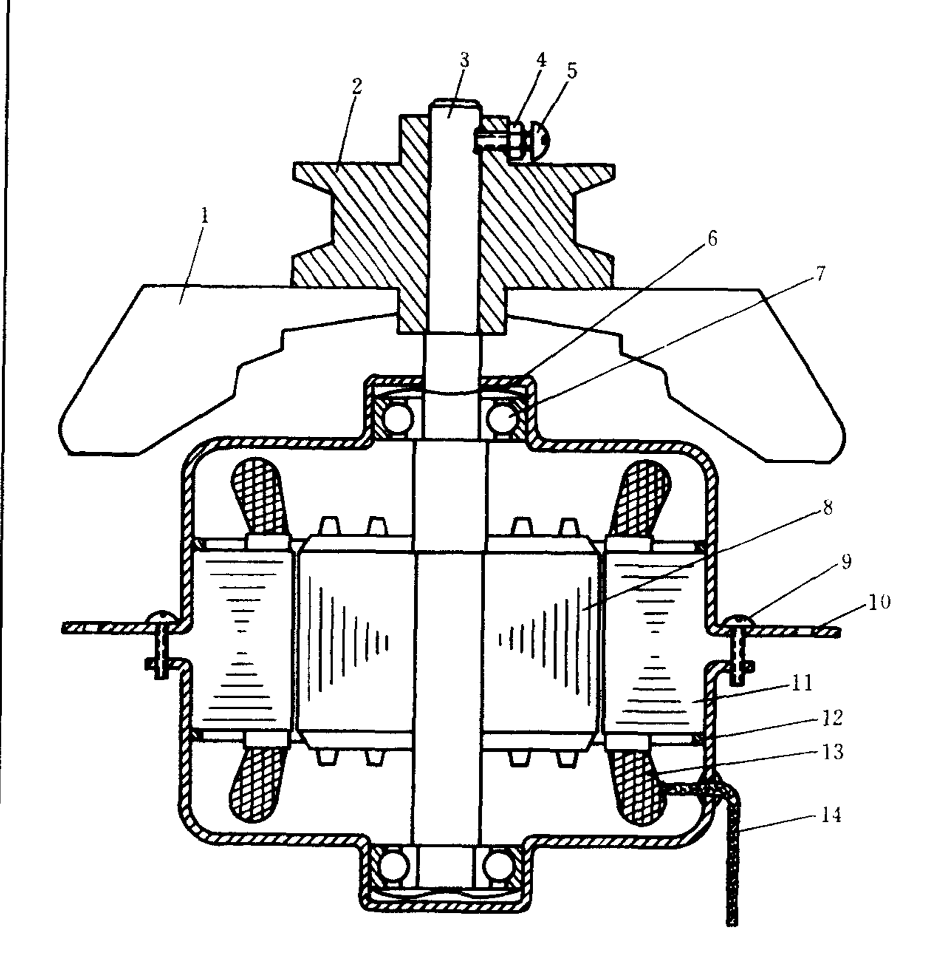


图 1-16 洗衣机用电动机结构

1 风扇叶；2—皮带轮；3 电机轴；4—防松螺母；5—皮带轮定位螺丝；6 波形弹簧；7—密封防尘轴承；8—电机转子；9—端盖螺丝；10 电机安装支承法兰；11 定子铁心；12 端盖止口；13 定子绕组；14—电机引出线

(2) 电动机安装后应调整，使主动皮带轮与波轮下的从动皮带轮处于同一平面（即使两皮带轮的皮带槽中心线重合），以防皮带磨损、脱落。

(3)检查皮带张力要适当，过松会打滑而影响洗衣机正常工作；过紧则增加电动机负载，容易引起发热甚至烧毁。皮带的松紧是通过调整两皮带轮中心距离来实现。调整时先松开电动机（法兰）座的固定螺丝，移动电机并固定后，再用手指按压皮带中段，若皮带能压下约 10mm 弛度为合适。若电机位移达到最大，但弛度仍超过 10mm 则说明皮带质量下降，张弛性能不合格，必须更换相同规格新的三角皮带。

(4) 最后按原来记号对电动机进行接线。

1.6 民用电泵电动机的拆装

民用电泵包括农用排灌泵、管道加压泵、潜水电泵等。其中使用最为普遍的是潜水泵，它的泵体与电动机同轴组合成一体的电力泵水设备，具有重量轻、体积小、安装、使用方便等特点。常用于农业浅水排灌和蔬菜田喷灌等家庭农作；也可用于井下提水、水塔送水等工作。下面仅就民间使用较多的 QY 型充油式潜水泵为例说明其结构和拆装要点。

1. 潜水泵的总体结构

QY 型潜水泵电动机是鼠笼式三相异步电动机，基本结构及绕组型式与一般用途电动机相同，由于机电一体，而工作于水中，故属特殊用途电机，特别是电机部分要求有严格的密封性能，致其构造比较复杂。但其总体结构仍为两部分，上部是离心式（也有用轴流式或混流式的）水泵；下部是立式的三相异步电动机，呈整体壳密封形式。壳内定、转间以及所有空隙都必须充满 25 号变压器绝缘油(南方可用 10 号变压器油)，以防水分侵入内部，也利于电机内部热量向机壳外表散发，同时也解决了轴承润滑及内部防腐蚀等问题。电动机是 Y 形接法，星点在电机内部，三根电源线从旁边密封引出。

2. 电动机密封结构的特点

充油式潜水泵在水下作业，其工作的可靠性和寿命都取决于密封性能的好坏。所以，拆卸修理潜水泵时，密封性能是装配质量的首要因素。通常，潜水泵的密封功能由三部分组成：

(1) 电机壳体静密封。它是电动机下端盖与定子外壳体、上端盖与定子外壳体以及上端盖与进水节之间的密封结构。防水浸入机内和防油泄出机

外是密封的目的。静密封元件是截面为实心圆形的橡胶圈，简称“O”形圈，安装在两结构配合平面之间的半圆槽内，并借助于紧固件的压力，达到静止密封的防渗功能。

(2) 转轴动密封。由于潜水泵电动机工作是旋转的，转轴与上端盖存在动态配合间隙，为了避免机外的水侵入机内，或机内的油逸出机外，必须采用有效的密封装置。它是潜水泵电动机可靠工作的关键部件，通常是由装在电动机输出轴伸的整体式密封盒来实现。它由轴向双端面机械密封结构组合装在密封盒内，形成整体构造如图 1-17 所示。

整体式轴向双端面密封盒的工作原理如下：由图 1-17 中可见，轴套与转轴、动密封块与轴套之间以及静密封块与盒壁，除有较紧密的机械配合外，还可用 O 形圈作静密封。电动机工作时，转轴连带轴套、动密封块以及卡在轴套定位隙中的支架和弹簧等一起旋转。当机外的水被各部 O 形圈隔断后，转轴的相对运动就转移到上、下端的两个轴向转动密封面上，但这时的动密封块在弹簧张力作用下，动、静密封面的配合致密，使油、水无法通过，从而有效地阻止了机外的水浸入和机内的油逸出，确保电动机定子绕组正常工作。

(3) 接线盒的密封。电动机电源线从定子上侧的接线盒引出，它由电木压制的接线板接通内、外线路。接线板的前、后加垫 O 形圈，并通过紧固件压紧进行静密封。

3. 拆装要点

(1) 密封盒的装配。QY 型潜水泵的密封盒装置在可分离的机壳内，拆卸时先旋开机盒，按图 1-17 从上至下进行拆卸，有的密封块是非金属材料制造，容易碎裂、损坏，拆卸时要特别小心。解体后将零件清洗、检查，各橡胶圈应完好并富有弹性，如有截面变形、表面破损或失去弹性变硬者，必须更换新件。密封块的密封面要求有很高的光洁度和平直度，表面不允许有微孔、刮裂或裂纹。如果密封面的磨损不严重时，也要对动、静密封面进行磨削及研磨，使其表面不平直度小于 6μm，表面粗糙度 $R_a \geq 0.025\mu$m。研磨好的密封面不能用手触摸，也不能碰擦；安装时表面可涂一层清洁的机油，并注意叠装时不要用力过猛，以免受冲击而破坏密封面的密合状况。

密封盒装配好后要经气压试验合格。装配好的密封盒要放在干净、无尘

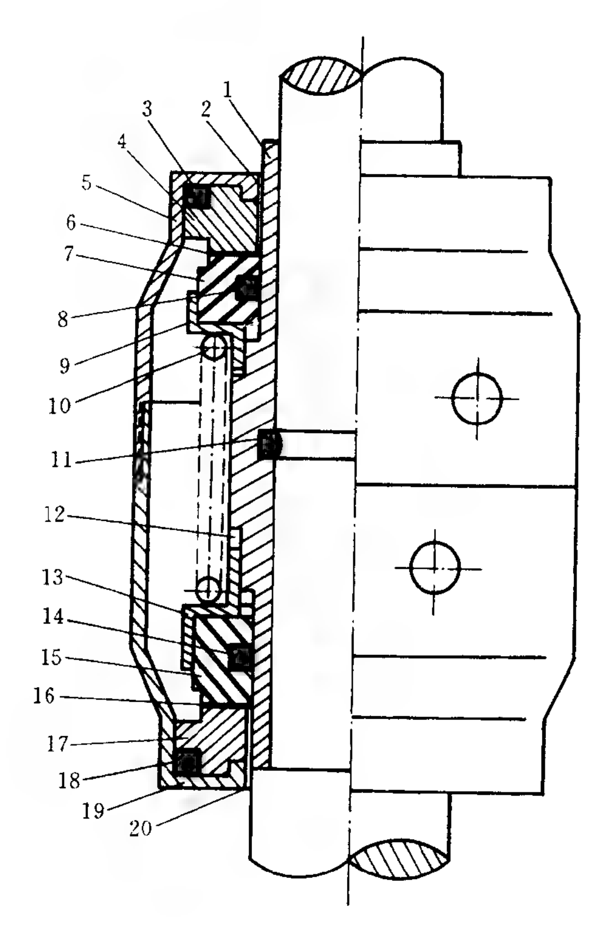


图 1-17 潜水泵整体式轴向双端面密封盒结构图

1—轴套；2—上缝隙；3—“O”形圈；4—上端静密封块；5—密封盒（上段）；6—上端密封面；7—上端动密封块；8—（上）动密封块“O”形圈；9—弹簧支架（上）；10—张力弹簧；11—轴套“O”形圈；12—支架定位隙；13—弹簧支架；14—（下）动密封块“O”形圈；15—下端动密封块；16—下端密封面；17—下端静密封块；18—“O”形圈；19—密封盒（下段）；20—下缝隙

的地方保存，以备总装时配装。如果密封面损坏严重则不宜修复，而需更换新的密封盒总成。

(2) 充油式潜水泵拆装程序及要点。拆卸前先将电动机上、下端盖的注油孔螺塞卸下，把机内的油液全部放出并盛装起来。拆卸是从上至下进行，即先拆上部的泵体部分，然后整体取出密封盒，再拆卸电动机部分。

为了保证充油式潜水泵的密封性能和电机绕组绝缘性能，密封室及电动机部分的所有零件都要求保持清洁、干燥，绝不允许水分和杂物进入内部。下面介绍整个装配过程的安装要点。

1) 装配前的准备。各零部件应清洗干净并经检查完好，对损坏的零件取出后更换新件，再清点齐全，进行干燥处理。密封盒进行单项检修后作总成配装备用。另外，转子输出轴是悬臂结构，使用和拆卸时都容易造成轴弯，故拆卸后要检验校正。

2) 电动机的检查与装配。为防止电动机绕组的绝缘材料吸潮后将水分带到机内，装配前要进行绝缘电阻检查，并将其清理干净后作干燥处理。对绝缘损坏或绝缘老化的绕组，必须拆线重绕。此外，电动机内腔及转子也必须清洗干净再烘干。转子上、下轴承的检查和质量要求与一般电动机相同，但装配时无须加入润滑脂。检查上、下端盖的O形密封圈应完好且有弹性，但一般使用过一段时间后作检修拆卸，最好能换用新件。O形圈的安装位置要正确置于凹形槽中，避免落入止口而造成损坏。

3) 接线盒的装配。电动机三相电源及接地线由电缆引入接线板外侧接线柱及接地螺丝，再由内侧接通绕组。因此，为防接线板内侧绝缘油泄出，是用内、外两只O形圈作静密封的；同时，为防止外水进入接线板外侧，出线盒除有法兰胶圈密封外，还在引出电缆口处加衬防水密封涨圈，并用螺纹旋塞压紧。

4) 整体密封盒及防护结构的安装。密封盒装在电机输出轴的上端盖与进水节之间，它是充油式潜水泵电动机在水中安全运行的可靠保证。安装前必须检查转子轴表面必须光滑、无损伤，如有毛刺应用油石磨去。电机上端盖装好之后，放好橡胶扩涨件，在轴及轴套配合面涂抹一层5号机油，再将配装完整的密封盒缓缓压套入轴，注意不要用力过猛，以免磨伤轴套上的O形圈。然后把上部扩涨密封圈放入进水节腔的槽内，再将进水节套入密封盒上端，检查安装位置正确后，用螺丝紧固。这时应进行密封性能试验，方法详见于后。最后装入限位轴套、尼龙导轴承、密封圈以及防沙圈等。

装配后用手盘轴应旋转灵活，不得有松紧偏滞现象，否则，可能是端盖

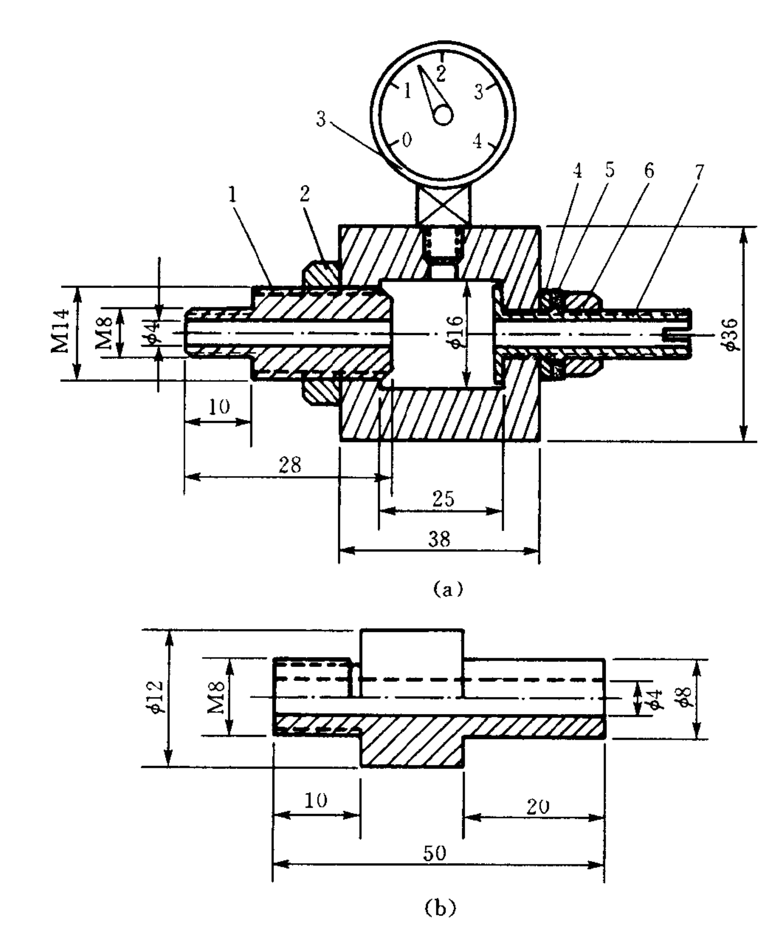


图 1-18 自制气压试验用接头

(a) 气压指示接头；(b) 检漏泄接头

1—接头螺管（加工）；2—压紧螺母；3—压力表；4—胶圈；5—平垫圈；6—螺母；7—自行车内胎气管总成

安装位置偏斜，应松开紧固螺丝重新调整后再均匀紧固。

5）水泵部分的装配。叶轮与泵座要装配同心，如不满足，应修正泵座位置进行调整，切勿调整转轴。此外，离心泵的叶轮流道与泵座流道中线应重合，它可通过叶轮上、下的垫片的厚度来调整。

6）充油和试验。电动机安装完后，检查绕组绝缘应大于 1MΩ（重绕新绕组一般都在 10MΩ 以上）再进行耐压试验，试验标准同一般电动机，然后卸下注油螺塞，泵体平置，注油孔向上，分别从上、下注油孔注入经处理后干净的 25 号变压器油（如无也可用 10 号变压器油或 5 号、10 号机械油，但不要混合使用），注满后旋入螺塞，停置 30min 再将注油塞打开，再补充注满油量，将油孔旋塞拧紧。

最后在压力试验设备上进行渗漏试验，要求密封性能在 0.2MPa 压力下历时 5min 无泄漏为合格。如无试验设备，也可利用自行车打气筒和自制气压接头来进行试验。

自制气压试验接头如图 1-18 所示，图 1-18（a）是气压指示接头，它的右端是自行车内胎螺丝气管，使用时装入气门心、逆止导管及螺丝压盖（以上零件图中均未画出），接入打气管夹；左端旋入电机上端注油孔。图 1-18（b）的检漏泄接头左端旋入电机下端油孔；右端接入一段胶（或塑料）管，并将管口浸入盛水容器内。当气筒打气加压至 0.2MPa 时持续 5min，如管中无气泡泄出，说明密封盒下端密封良好；观察密封盒上端轴伸处（可涂上肥皂水）没有气泡则是上端盖密封可靠。最后旋紧上、下油塞，进行下一工序装配。

1-7 电葫芦用锥形转子电动机的拆装

锥形转子电动机是利用转子轴向位移自制动的三相交流特种电动机，它没有附加电磁铁机构，故结构较简单、体积小、重量轻，且具有起动、制动性能好，使用、操作灵活方便等优点。常用于小型起重机械，如电动葫芦、抓斗等作为提升机构的动力设备。

（一）锥形转子电动机的结构特点及工作原理

为了获得轴向力，电动机转子设计成圆锥形，故定子铁心内腔也随之为圆锥形，如图 1-19 所示。转子轴上有三副滚动轴承，两端采用外圈有档边，内圈无档边的单列向心滚柱轴承，用以承载电动机输出轴功率，它的内圈则可随转子轴作轴向移动。在转子小头端轴上还装有一只止推轴承，以承受电动机工作时的轴向推力，并限制电动机转子运行时的位移量，以确保定

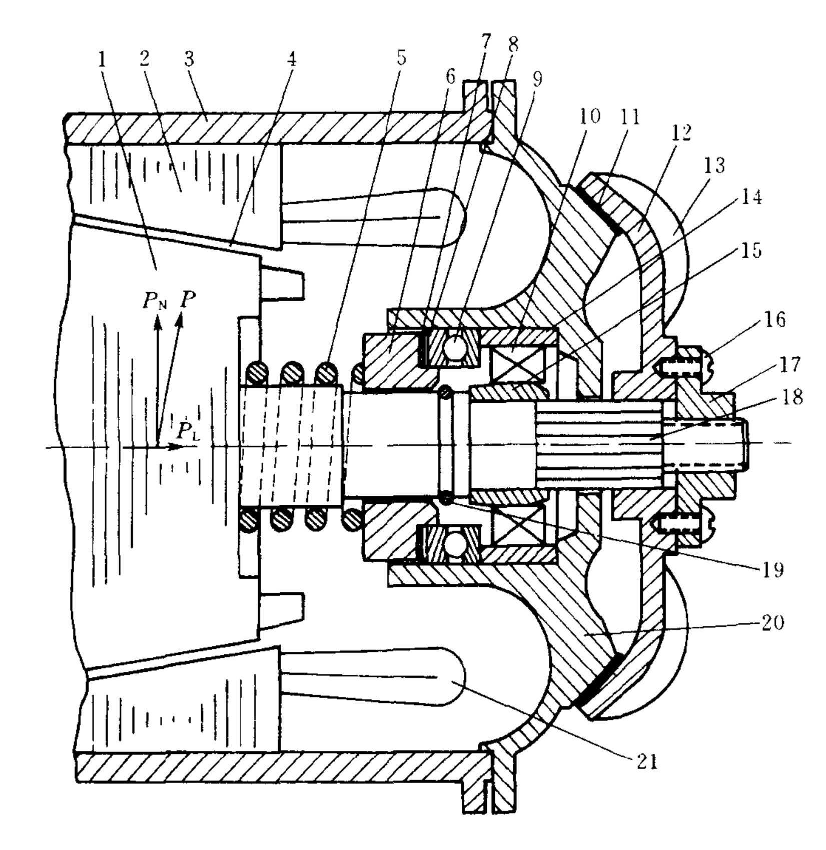


图 1-19 锥形转子电动机制动、工作系统结构示意图

1—锥形转子铁心；2—锥形内腔定子铁心；3—定子外壳；4—气隙；5—制动弹簧；6—滑块；7—限位垫圈；8—调整螺圈；9—止推轴承；10—轴承滚柱；11—摩擦片；12—制动盘；13—风叶；14—轴承外圈；15—轴承（可游动）内圈；16—定位螺丝；17—调节螺母；18—花键轴；19—限位卡环；20—端盖连体圆锥形制动铁；21—线圈

转子间的运行气隙。

电动机通电前，由于制动弹簧的张力作用，转子被推向大头端（图中左端，即前端），这时定、转子间隙约有2～7mm，轴承内套随转子轴向左移动，并带动与风扇叶连体的制动盘（图1-19中12）压向与电机后端盖连体铸出的圆锥形制动铁（图1-19中20），并借其相互间的摩擦力产生制动力矩，使转子处于制动状态。电动机通电时，作用于转子上的电磁力P垂直于定子铁心内腔表面，它分解为径向分力P_{N}和轴向分力P_{L}；其中P_{N}是沿整个圆周表面分布的，互相抵消为零，而P_{L}则使转子从左向右作轴向移动压缩制动弹簧，使制动盘松开，电动机起动。这时，转子轴肩抵触到滑块，并通过止推轴承及滚柱轴承外圈限制转子的位移量，以确保定、转子间应具有的运行气隙。电动机断电后P_{L}随之消失，电动机又在弹簧张力作用下恢复制动而迅速停转。

（二）锥形转子电动机的典型故障

锥形转子电动机故障主要是机械原因引起的绕组烧坏，最典型的故障是定、转子气隙长度失调导致拖底扫膛或气隙过大引起工作电流超过额定值所致。所以，锥形转子电动机气隙调整是检修工作的重点项目。目前国产ZD和ZDY系列锥形转子电动机的运行气隙如表1-1所示。

表1-1　ZD、ZDY系列锥形转子电动机运行标准气隙

电动机机座号	定、转子间运行气隙（mm）	电动机机座号	定、转子间运行气隙（mm）
11～12	0.25	41	0.50
21～22	0.35	51	0.55
31～32	0.45		

如果滑块、轴肩以及调整垫圈在运行中磨损，或定子、转子铁心发生位移都会使气隙长度改变。此外，定、转子不配套也可能引起气隙不符合要求。

（三）锥形转子电动机的拆卸与装配调装

实践证明，锥形转子电动机气隙是可以通过计算掌握的，它的过大或过小是可以在拆装过程进行调整。

1. 电动机拆卸与检测

电动机拆卸之前应处于制动状态，用手无法盘动转轴说明刹车良好。如图1-19所示，先卸下风罩，再将整台电动机输出轴向下立起，应能解除制动，即风叶摩擦片（11）离开制动铁（20），则说明机械机构处于原始工作状态。再将电动机放平，卸下定位螺丝（16），把轴端的调节螺母（17）顺时针方向旋动，把转子抽过来，当拧紧（不要用力过猛）时测量前（输出）轴端的伸出长度L_{p}。然后将电机后部的调节螺母（17）、风叶（13）、端盖（20）拆卸并退出后，用手把轴向后端拉紧，使锥形转子铁心压贴定子内腔时，测量前轴伸长度L_0。最后再拆卸前端盖并抽出转子。

2. 计算电动机原始气隙并确定调整方案

由于转子铁心是锥面，轴向位移能正比反映气隙值的变化，电动机拆卸前的原始运行气隙由下式计算

$$g' = \frac{\Delta l'(D-d)}{2L}\ (\mathrm{mm})$$

$$\Delta l' = L'_{\mathrm{p}} - L'_0\ (\mathrm{mm})$$

式中　$\Delta l'$——转子拆卸前的原始位移量，mm；

L'_{p}——电动机运行时前轴端伸出长度，mm；

L'_0——电动机制动时前轴端伸出长度，mm；

D——转子铁心大头端直径，mm；

d——转子铁心小头端直径，mm；

L——转子铁心叠片厚度，mm。一般可实测，也可由下式求取，有

$$L = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}\ (\mathrm{mm})$$

C——转子叠片锥面长度，mm。

这时，原始气隙g'要接近运行标准气隙g，其偏差应满足下式

$$\gamma' = \frac{g'-g}{g} \times 100\% \leqslant \pm 15\%$$

如果γ'为正值，说明气隙过大，则电动机空载电流过大，功率因数及效率下降，输出功率亦相应降低；这时应减去部分调整垫圈或将轴上的限位卡环卸下，再取出滑块，车去Δmm。要是γ'为负值，则原始气隙比标准值

小，电动机在运行中容易造成拖底而损坏绕组；故可在滑块与止推轴承之间增加 Δmm 厚度的垫圈。

调整的轴向位移量由下式计算，有

$$\Delta = \Delta l' - \frac{2gL}{D-d} \text{ (mm)}$$

例如，某锥形转子电动机机座号是 21，实测转子铁心 $D=104.3$mm，$d=89$mm，$C=64$mm，运行时前轴伸 $L'_p=114.8$mm，定、转子铁心贴紧时前轴伸为 $L'_0=112.6$mm。

拆卸前转子工作位移量

$$\Delta l' = L'_p - L'_0 = 114.3 - 112.6 = 2.2 \text{ mm}$$

转子铁心叠片厚度

$$L = \sqrt{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2} = \sqrt{64^2 - \left(\frac{104.3-89}{2}\right)^2} = 63.54 \text{ mm}$$

拆卸前原始运行气隙

$$g' = \frac{\Delta l'(D-d)}{2L} = \frac{2.2 \times (104.3-89)}{2 \times 63.54} = 0.265 \text{ mm}$$

由表 1-1 查得标准运行气隙 $g=0.35$mm，初校原始气隙偏差为

$$\gamma' = \frac{g'-g}{g} \times 100\% = \frac{0.265-0.35}{0.35} \times 100\% = -24.3\%$$

由初校可知，原始气隙偏差超过±10%，且为负值，故需增加垫圈厚度进行调整。

调整量

$$\Delta = \Delta l' - \frac{2gL}{D-d} = 2.2 - \frac{2 \times 0.35 \times 63.54}{104.3-89} = -0.707 \text{ mm}$$

装配时需增加厚度为 0.707mm 的调整垫圈。

3. 锥形转子电动机的装配及校验

(1)装配前准备。装配前必须把各零部件清洗干净并检查无损伤、无严重磨损；定、转子铁心应匹配，即把转子铁心全部推入定子内腔时，大、小头端间隙均应紧密贴合；定子铁心与机座、转子铁心与机轴要配合牢固，不得有任何窜动位移或转动，否则要处理好后才能装配，处理办法同一般电动机。

(2)滑块与制动弹簧的装配。制动弹簧张力较大，用手很难将滑块压装到位，因此可利用转子轴端螺纹进行压装，其方法如下：

1）把制动弹簧、滑块、限位卡环依次套入转子轴小头端。

2）找一段内径略大于装配档轴径的套筒，套入轴中压住限位卡环如图 1-20 所示。

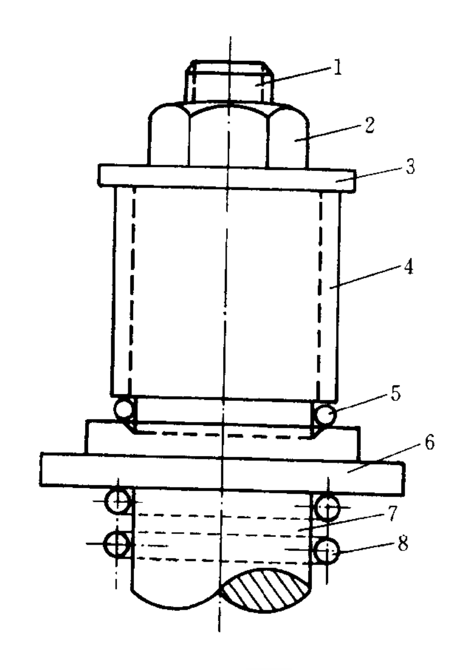


图 1-20 滑块与制动弹簧装配方法示意图

1 转子轴端螺纹；2 调节螺母；3 垫圈；4 套筒；5 限位卡环；6 滑块；7 转子轴；8 制动弹簧

3）套筒上面再加一厚垫圈，并将原来的调节螺母拧入压缩弹簧，当滑块到位时，卡环正好落入轴上的限位槽内。然后退出螺母，卸开套筒等。

(3) 前端盖装配。转子从定子大头端推入铁心，轴承（连外圈）压入端盖轴承室，加油后套装入轴，按拆卸记号压入机座止口，紧固端盖螺丝。

(4) 后端盖装配。

1）将转子尽量推向后（小头）端，使定、转子铁心表面贴紧后，测量前轴端伸出长度 L_0。

2）把电机前端向下用枕木垂直架起，并把限位垫圈装入滑块“L”部，并将止推轴承叠装在调整（限位）垫圈上。

3）将滚柱轴承装配入后端盖轴承室，漆加润滑油，使端盖轴承室沿止推轴承外侧套入后紧固端盖螺丝。

（5）校验装配气隙。

1）前后端盖装妥后盘动转子应能旋转自如，然后把制动盘装入轴端花键槽，当调节螺母拧紧时（用手不能盘动转轴），测量前轴伸长度 L_p。

2）装配后校验电动机运行气隙偏差满足下式为合格

$$\gamma = \frac{(L_p - L_0)(D - d) - 2gL}{2gL} \times 100\% \leqslant \pm 15\%$$

（6）调整制动间隙。最后将制动盘轴端调节螺母反旋，使之退出 1～2 圈，再用定位螺丝固定。调整完毕。

另外，有的电动机调整机构已作改进如图 1-21 所示。它将电机后端盖

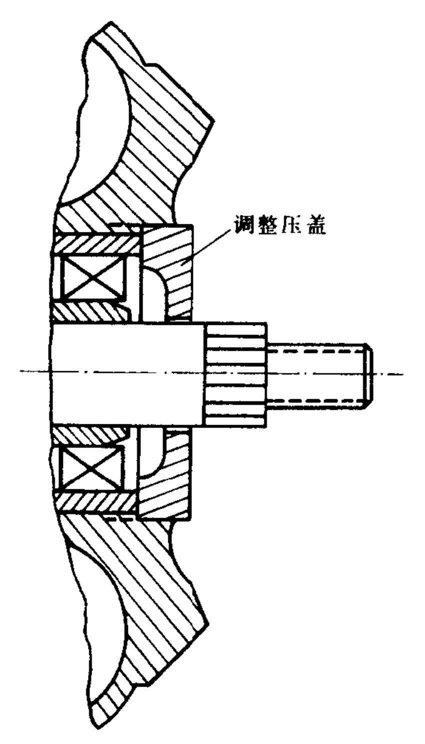


图 1-21　改进调整机构示意图

轴承室改为压盖式，轴承小盖兼有限位作用，由螺纹旋入后端盖轴承室。调整时只要旋动轴承压盖便可得到需要的轴向位移量，即使装配实际轴向位移量调整到运行标准气隙位移量，有

$$L_p - L_0 = \frac{2gL}{D - d}$$

从而获得满意的运行气隙。

1-8　汽车用电机的拆装

汽车电机包括发电机和电动机（起动机），电动机是低压大电流的直流串激电动机，与单相串励电动机同属换向器式电动机，其拆装程序可参考下节。发电机由汽车主机带动，对蓄电池充电，以供给汽车起动及照明、控制的电源。发电机有两种型式，一是长期以来使用的换向器式直流发电机；另一是现代汽车采用的交流发电机。

（一）汽车用发电机的基本结构

1. 直流发电机

直流发电机的结构与一般换向器式直流电机相同，其原理结构如图 1-22所示。机壳由钢管制成，定子磁极用螺丝固定在壳体内壁，磁极绕有激磁线圈；电枢是转子部分，它由转子铁心、电枢绕组及换向器构成，直流励磁电流通过电刷机构引入。发电机的原动力是通过转子轴端皮带轮由主机传递而旋转的。其实，发电机工作时电枢绕组感应产生的是交流电，要通过换向器的机械性整流而成带脉动性质的直流电流。由于换向过程中，电刷与换向器表面常会发生火花，从而加速换向器的磨损而造成恶性循环，故其故障率甚高，使用寿命较短；另外，由于直流发电机的电压与转速成正比，为满足充电电压的稳定，转速只能在较窄范围内变化，难以适应现代汽车大转速变化的要求，再加之直流电机成本高、寿命短，维修工作量大，故目前渐被交流发电机所取代。

2. 交流发电机

汽车所用的交流发电机是三相同步发电机，它通过大容量硅整流器变换成直流输出，对蓄电池进行充电。它较之直流发电机而具有结构简、体积

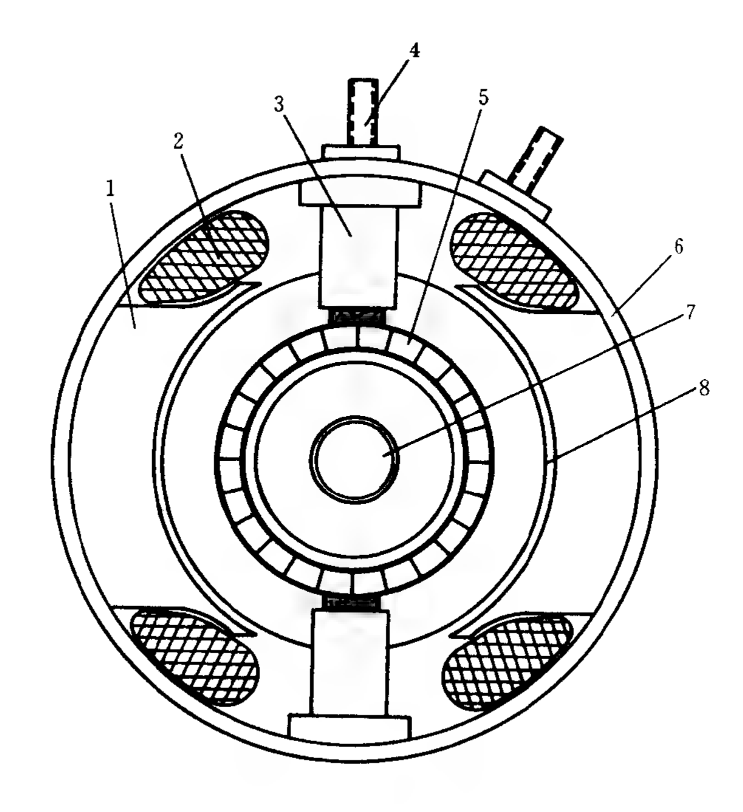


图 1-22　换向器式电机原理结构示意图

1－定子磁极；2　定子（励磁）绕组；3－电刷与刷架；4－接线柱；
5－换向器；6—电机外壳；7－转子轴；8－转子铁心

小、重量轻、维修方便、寿命长等优点；而且能满足大转速变化条件下向蓄电池稳压充电，所以目前国内外汽车均采用交流发电机。

3. 交流发电机的基本结构

目前汽车使用的交流发电机有国产和进口产品，根据车型又有不同型号规格，但其结构基本相同。图 1-23 是汽车用交流发电机结构示意图，它主要由激磁绕组、爪形磁极和滑环等组成的转子，由硅钢片叠成的定子及三相绕组构成定子电枢，以及整流装置等三大部分组成。定子绕组型式及布接

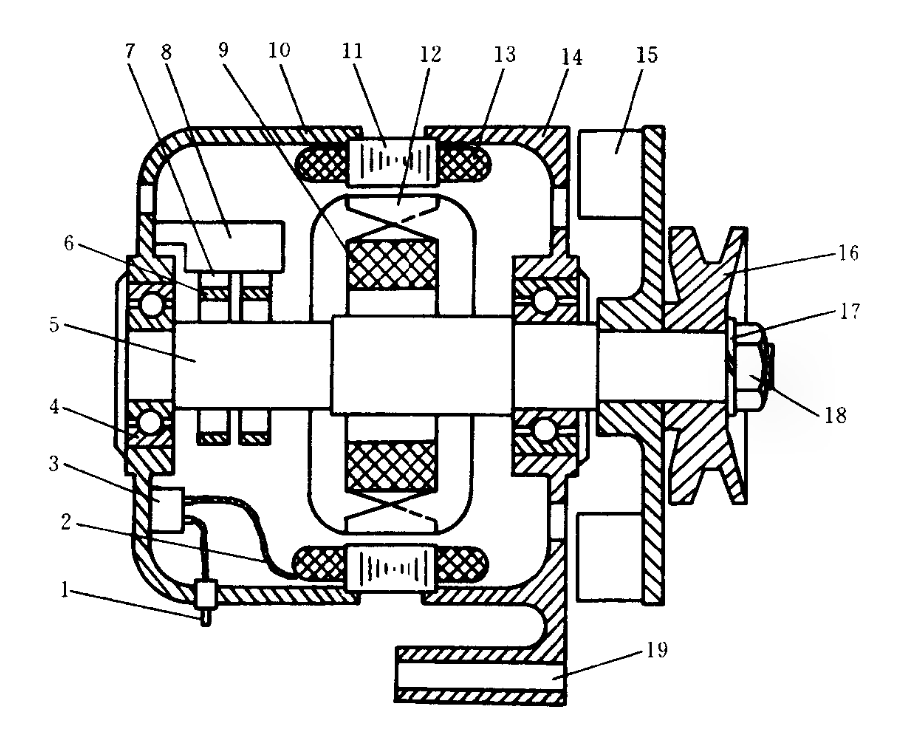


图 1-23　汽车用交流发电机结构示意图

1　输出电极；2　定子引线；3　整流装置；4　后轴承；5　电机轴；6　导电环；7　电刷；8　电刷装置；9　励磁绕组；10　后端盖；11　定子铁心；12　爪形磁极；13　定子线圈；14　前端盖；15－冷却风扇叶；16　皮带轮；17　弹簧垫；18　螺母；19－挂脚

线参考彩图部分，整流装置则由 6 只（也有用 9 只）硅二极管组成，连接成桥式整流电路如图 1-24 所示。

（二）交流发电机的解体与复装

汽车行驶到规定里程，或发电机出现异常都要进行解体检修，为了便于判断故障及检修，解体前对其现状应有初步了解，故要作一些必要的检查和记录。

1. 外观检查

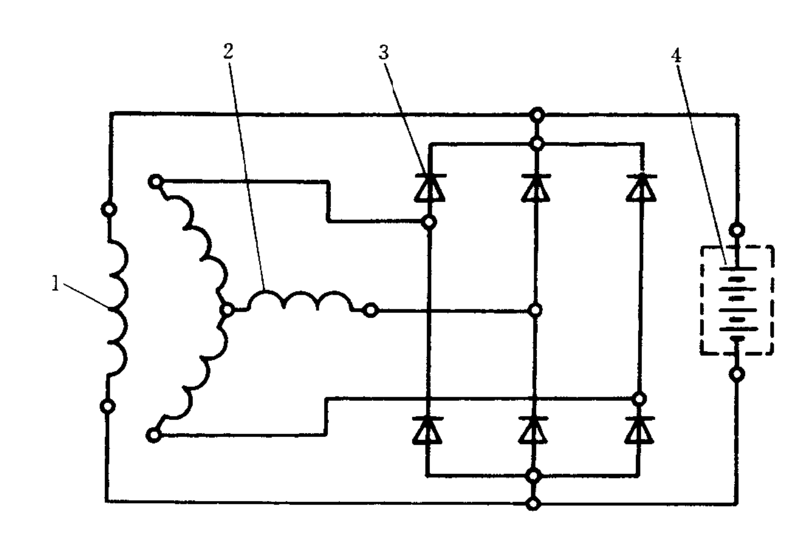


图 1-24 汽车用交流发电机及整流装置接线图

1 转子（励磁）绕组；2 定子（三相）绕组；
3 硅整流管；4 蓄电池组

（1）检查发电机外壳、挂脚有无裂纹；部件是否齐全。

（2）用手转动皮带轮检查是否灵活、有无噪声和卡滞现象。

（3）转动皮带轮观察有否轴弯而引起的轮摆现象。

（4）用手左右前后摇动皮带轮，检查径向和轴向的松动情况。

2. 拆卸解体

汽车用各型交流发电机结构大致相同，其拆卸步骤及方法要点简述如下：

（1）卸开电刷装置盖板螺丝，取出弹簧及电刷（此项仅对 JF132C 和 FT152D 等改进型发电机而言，其他电机的电刷装置在机体内部无法先拆，要等卸开后端盖后才可进行拆卸）。

（2）拆除后轴承盖螺丝，取下轴承端盖后，卡住风扇，卸下皮带轮轴头端和后端的压紧螺母（有的发电机后端轴头无压紧螺母则免拆）。

（3）用“拉马”将皮带轮及风扇退出，并取下半月键。

（4）拆除外壳端盖紧固螺丝，使前端盖连转子一起抽出。

（5）拆开前轴承盖螺丝，将前端盖退出与转子分开。

（6）把定子绕组与整流装置的三根输入线分断（有的用螺丝连接，有的要用烙铁烫开），使定子与后端盖脱离。

（7）卸开整流元件板的固定螺丝，取下正负元件板。

3. 交流发电机部件检查要点与复装

发电机解体后应对各部进行清洗检查，对磨损严重或损坏的轴承必须

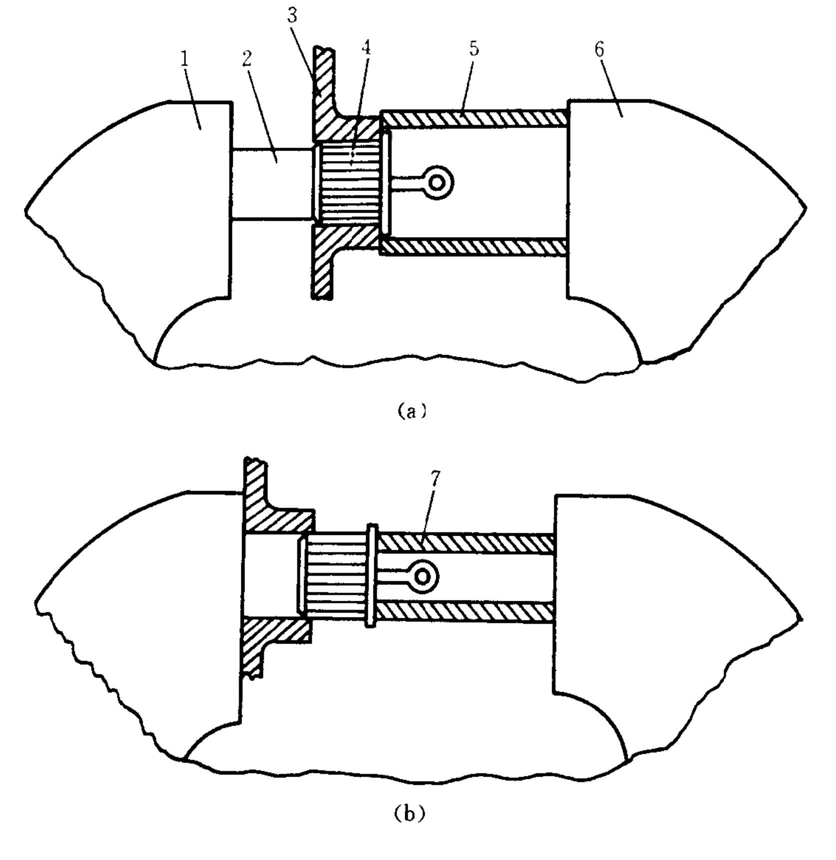


图 1-25 二极管拆卸与压装

（a）二极管退出散热板的方法；（b）二极管压入散热板的方法

1—台钳活动钳口；2—顶压销；3 固定二极管散热板；4 二极管；
5 顶出套筒；6 台钳固定钳口；7—顶入套筒

更换。此外，由于汽车用整流元件耐压很低，检查操作不当会造成损坏，故应注意：

(1) 整流元件检查严禁用摇表（兆欧表），只能用12V以下万用表或欧姆表测量正、反向电阻值。

(2) 发电机绕组与整流装置及其它外线路完全脱离后，可用100V摇表检查绕组对地绝缘应不低于0.5MΩ，否则应进行干燥处理。

(3) 检查整流元件应注意区分正、负极板，正极板的二极管外壳是正极性，引线是负极性，负极板则相反。

(4) 二极管击穿或开断都必须更换，否则继续使用将导致其他元件相继损坏。

二极管是压装在元件固定散热板上，更换二极管要用专用工具在台虎钳上进行，专用工具是由一直径小于二极管外壳的顶销和两只大小套筒组成，退出二极管的方法是将元件板的二极管置于顶销和大套筒之间，如图1-25 (a) 所示。旋转台钳手柄，使钳口收缩便可将二极管从散热板中脱出。换新二极管（经检查合格无误）时则如图1-25 (b) 所示，将二极管外壳端对准元件板孔位将其压入。二极管装入后必须进行检测复查合格才能接线。

交流发电机解体检修后进行重新装配，复装的程序与拆卸时相反。

1-9 单相串励电动机的拆装

单相串励电动机属换向器式电动机，它既可用于单相交流电源，也可用于直流电源，故具有使用方便，与同功率的其他电机相比而体积最小、重量最轻；而且性能优异，即具有起动转矩大、过载能力强、运行转速高等特点。所以目前被广泛应用于电吹风、缝纫机、绞肉机等家电产品，还应用于手电钻、电刨、电锯等民用电动工具。

单相串励电动机有一般用途的系列产品和专用产品。系列电动机有完整的结构，其型式与直流电动机大致相同，即由机壳、端盖、定子和转子、电刷装置等构成。因使用于交流电源，为减少涡流损耗，其定子和转子铁心均采用硅钢片叠制而成；外壳多用铝合金制成，但也有用铸铁、钢板或塑料制作。串激电动机的拆卸也大致与普通电动机近似，解体步骤如下：

(1) 在电动机端盖与机座的装配位置刻记标志，以便复位安装。

(2) 旋开电刷压盖螺丝，卸下电刷。

(3) 卸下端盖穿心螺丝，将后端盖卸开。

(4) 将前端盖连带转子从定子中抽出。

(5) 转子从前端盖脱开。

电动机分解后进行清洗、检查及修理，检修后复装，复装的程序与拆卸时相反。

单相串励电动机常作为电动工具及家用电器的动力而设计成装入式结构，一般没有外壳，而利用专用器具的外壳，在内部安排电机安装位置。电机则用螺丝及端盖把定、转子套合配装而成，然后再装入器具之内。各种电动工具及家用电器多属这种结构，除电动机外，主要结构还有减速传动机构、开关以及器具的外壳等，此属专用电动器具拆卸，这里不作详述。但是，此类电动器具均属手持等人体接触式的，其安全性至关重要，为提高其使用安全性常采用双重绝缘结构，即除绕组与铁心间设有基本绝缘（如槽绝缘）外，还有铁心与机轴之间和器具塑料外壳等附加绝缘，以及衬垫电刷架、换向器的加强绝缘等。因此，在拆卸此类具有双重绝缘的电动机时，更应注意方法，避免乱敲重打而造成附加绝缘破裂。

第二章　单相及民用电机绕组

绕组是电机结构的核心部件，也是容易损坏的部位，而电机修理工作大多属于绕组的修理，要修理好电机必须掌握绕组的构成及其布线型式和接线原理。本章主要介绍单相系列、专用及民用设施和电动工具使用的电机绕组结构与型式。

2-1　电机的绕组结构与型式

为便于对电机绕组布接线型式的讲述，特对电机绕组结构的基本概念和专用名词进行必要的介绍。

（一）绕组构成的基本概念

1. 线圈

线圈是由绝缘导线按一定形状绕制而成的绕组元件。对三相绕组和单相绕组而言，线圈是基本元件；但对小功率的换向器式转子电枢，其线圈是用手将一定匝数绕嵌入转子相应槽内，为了简化工艺、提高工效，常将 n 根绝缘导线并行绕入，这时绕入的线圈，实质是由 n 个基本元件组成，故它的线圈不是基本元件。每个线圈元件都有两线端，头端和尾端是相对而言，当两个线圈绕向相同时，常把起绕端称为头（首）端，另一端为尾（末）端。

2. 线圈组

由安排在铁心若干槽的 S 个线圈按相同方向串联成组即称线圈组，$S=1\sim S_n$。

3. 绕组

按一定规律分布在铁心槽内的几个线圈组连接而成为一相绕组。

(1)显极式绕组。同相线圈组按相邻反极性规律连接而成的相绕组称为显极式绕组，如图 2-1 所示，其相邻两组线圈是“尾与尾”或“头与头”相接；而且一相线圈组数等于磁极数。

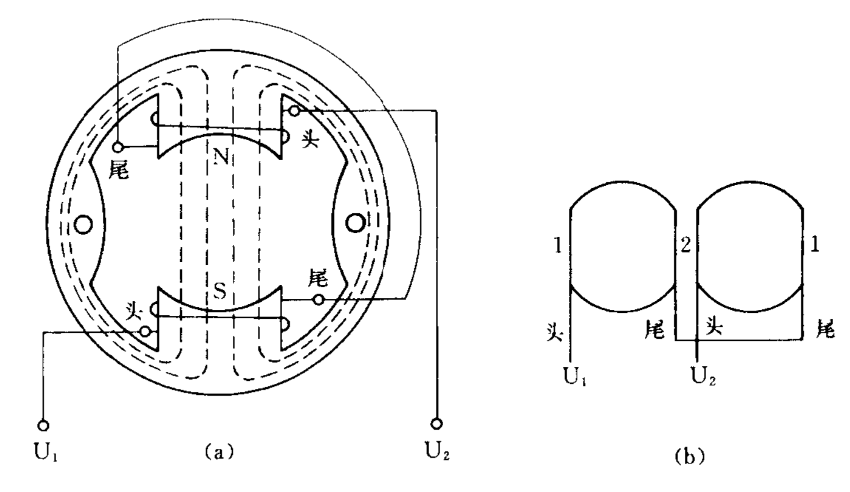


图 2-1　显极式绕组

(2)庶极绕组。改变绕组在定子上的安排和接线，可用一相两组线圈形成 4 极，这种形式称为庶极绕组，如图 2-2 所示。庶极绕组的一相线圈组数是磁极数的一半。

(3)集中式绕组与分布式绕组。在一相绕组中，磁极制成凸极铁心，且每极只有一只线圈的是集中式绕组；分布绕组的电机铁心没有凸出的磁极，而由嵌在槽中的绕组线圈通电流而感应产生磁极，而且在一相绕组中，每极可由多只线圈组成。

(4)单层绕组、双层绕组与单双层混合绕组。单层绕组是每槽只有线圈的一个有效边，因此，一个线圈占去 2 槽，故总线圈数等于槽数的一半。特点是线圈数少，工艺简单，嵌绕省工；但电气性能稍差。

双层绕组是每槽嵌入两个线圈有效边，分置于槽的上下层。因每只线圈

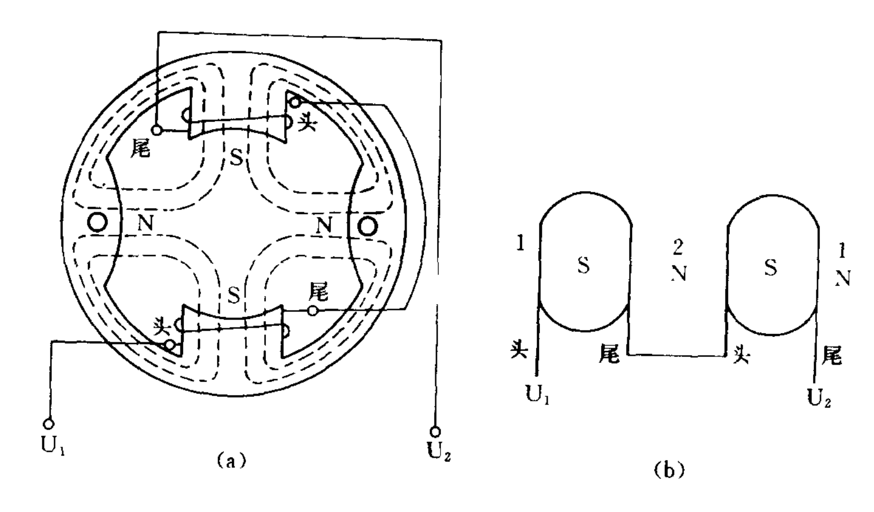


图 2-2 庶相式绕组

占有两半槽空间，故总线圈数等于槽数。由于槽中嵌入不同线圈边，存在相间短路的可能性而需增加层间绝缘，使槽的利用率下降，且嵌绕较费工时，但可选用适当的短节距以改善电气性能。

单双层混合绕组由单层线圈和双层线圈构成，兼有单层和双层绕组的特点，嵌绕工艺较费工时，但电气性能较好。

4. 极距（τ）

极距是电机的重要参数，它是每磁极占铁心圆周表面的弧线距离，有两种表示形式：

（1）电机极距。以弧长尺寸表示，是电机的电磁设计重要参数，即

$$\tau=\frac{\pi D}{2p}\ (\text{cm})$$

（2）绕组极距。以槽数表示，是电机绕组布线的重要参数，即

$$\tau=\frac{Z}{2p}\ (\text{槽})$$

式中 τ —— 极距；

D —— 定子铁心内径（或转子外径），cm；

Z —— 定（转）子槽数；

$2p$ —— 极数。

5. 节距

节距又称跨距，以槽为单位，但有两种概念：

（1）线圈节距。是单个线圈两有效边所跨占的槽数，如线圈节距为 1～8 即两有效边分别嵌入第 1 槽和第 8 槽，也可表示为 $Y-7$，如图 2-3(a)所示。

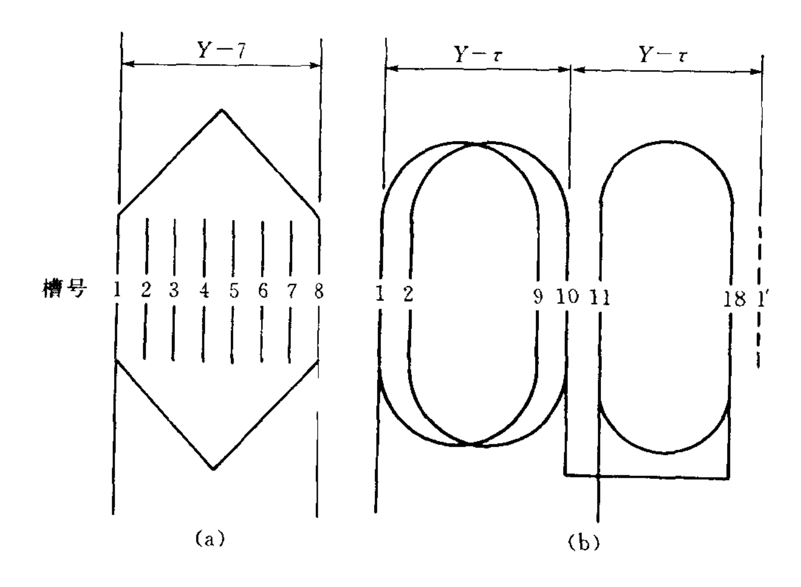


图 2-3 线圈节距和绕组节距示意图

(a) 线圈节距；(b) 绕组节距

（2）绕组节距。它是对一相中两极绕组较之极距而言，图 2-3（b）即表示绕组节距。对双叠绕组，线圈节距即绕组节距，故线圈节距等于极距称全（整）距绕组；大于极距称长距绕组；短于极距称短距绕组。但单层绕组则不以线圈节距长短而论，但只从绕组构成原理来定，例如图 2-6 是 24 槽 4 极定子的单层叠式绕组，线圈 $Y=\tau=6$、无疑这是全距绕组；而此定子安排单层链式如图 2-8，则 $Y=5\neq\tau$，虽然全部线圈都小于极距，但各槽的电流并没有改变，故仍属全距绕组。一般来说，除个别如具有断续相带的单层等距交叉式绕组外，其余单层绕组基本都是全距绕组。

6. 电机的电角度与每槽电角度

定子铁心内圆是360°几何角度，若电机极数是二极（即一对磁极），则这台电机也具有360°电角度；若在360°几何角度的定子上绕制4极绕组，则定子便具有360°×2=720°电角度。以此类推，电动机所具有的电角度有如下关系

$$\theta = 360° \times p \quad 或 \quad \theta = 180 \times 2p$$

式中 θ 电机定子所具有的电角度；

$2p$ 电机极数，故 p 为磁极对数。

由此推算，电机定子每槽所占电角度

$$\alpha = \frac{360° \times p}{Z} \quad 或 \quad \alpha = \frac{180° \times 2p}{Z} \text{（电角度）}$$

（二）线圈、线圈组的表示形式与画法

电机绕组的线圈是跨嵌于两槽的多匝线圈，为绘图方便，单线圈常用如图2-4所示的形状相似的单线条图形表示。

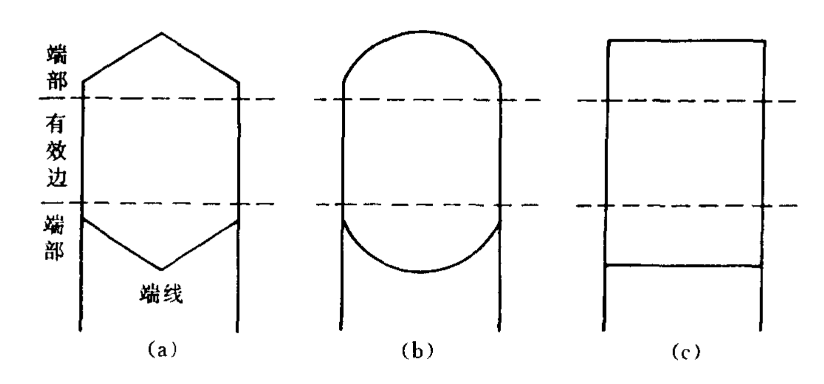


图2-4 电机绕组常见线圈形状

（a）菱形线圈；（b）鼓形线圈；（c）矩形线圈

线圈组则由若干个线圈顺序排列，并同方向连接而成，如图2-5（a）所示。在展开图中，为简化绘图，可将相邻线圈的连接线省去，而在一组线圈中引出二端线；图2-5（b）则是从电机定子端部视向的画法，弧线代表定子铁心内圆一部分，小圈表示槽中线圈有效边，连接两有效边的是线圈端部。图2-5（c）是一组线圈在电气原理接线图上的习惯画法；如是绘制电机绕组简化接线图则用图2-5（d）的表示画法。

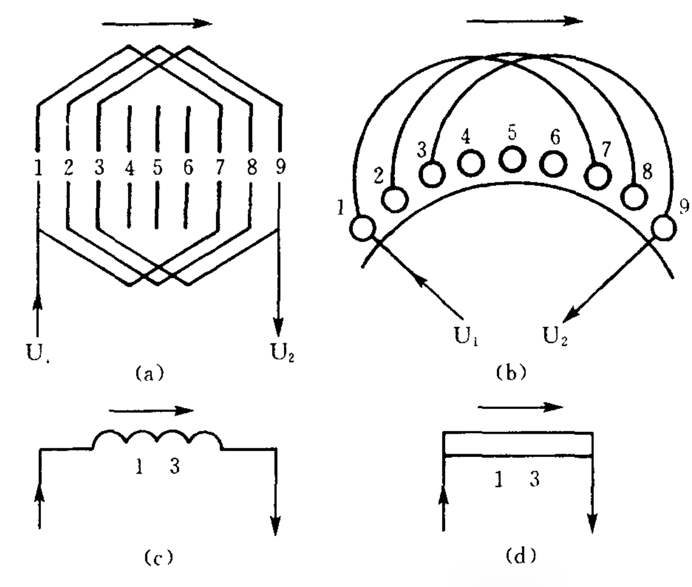


图2-5 电动机一个线圈组的表示画法

（a）展开图画法；（b）端面布线图画法；

（c）原理接线图画法；（d）简化接线图画法

（三）一相绕组与三相绕组

一相绕组是由若干线圈组按特定规律分布并连接而成，并引出“相头”与“相尾”，简称“相绕组”，相绕组安排的基本形式如图2-6至图2-9所示。

三相绕组则由三个完全相同的相绕组，在电机铁心上按互距120°电角度安排在槽内构成，三相绕组有6根引线，三组同名端，即相头 U_1、V_1、W_1 和相尾 U_2、V_2、W_2。根据使用要求而可接成星（Y）形或角（△）形，接用于三相交流电源。

（四）三相电机绕组与单相电机绕组

三相电机绕组即三相绕组，图2-10所示即二极6槽三相绕组在定子的安排示意，它是从电机定子端面视向绘制，本书附录彩色绕组布线接线图均采用端视的模拟画法，其布接线图如图2-11所示。但以往的习惯多采用绕组平面的展开画法，如图2-12所示。此图是设想在定子槽1与槽6之间把

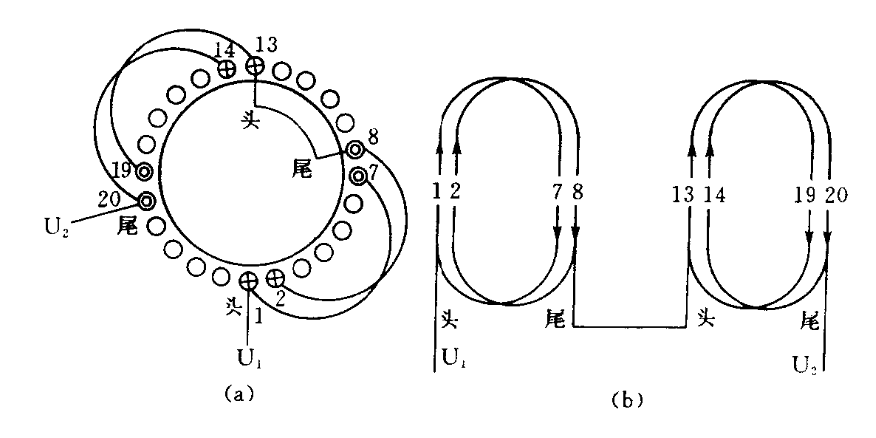


图 2-6 相绕组安排形式之一（单层交叠安排）

（a）端面图；（b）展开图

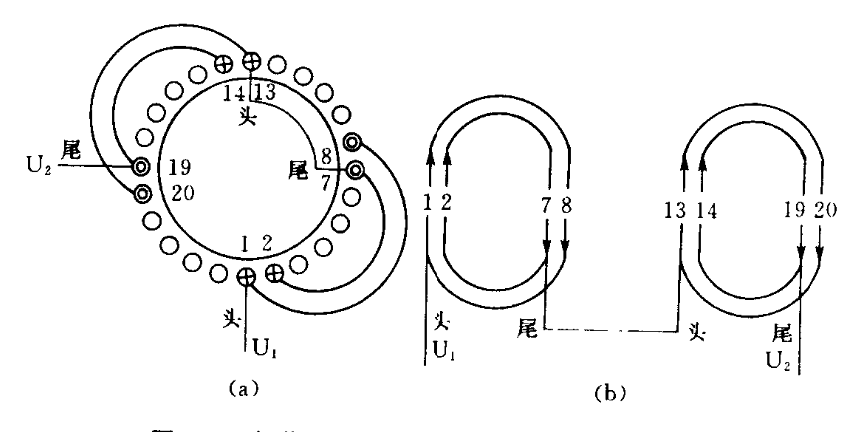


图 2-7 相绕组安排形式之二（单层同心安排）

（a）端面图；（b）展开图

铁心切开摊平展开的绕组画法。

单相绕组电机虽使用单相电源，但它由主绕组和副绕组构成，实质上属二相绕组，两个相绕组可完全相同，也可不同，故此“单相”不能与“一相”同解。严格地说，没有仅由一相绕组构成的电动机，即使是最简单的罩极电动机，除主绕组外，还有一个不与电源相接的罩极绕组，并由它感应出

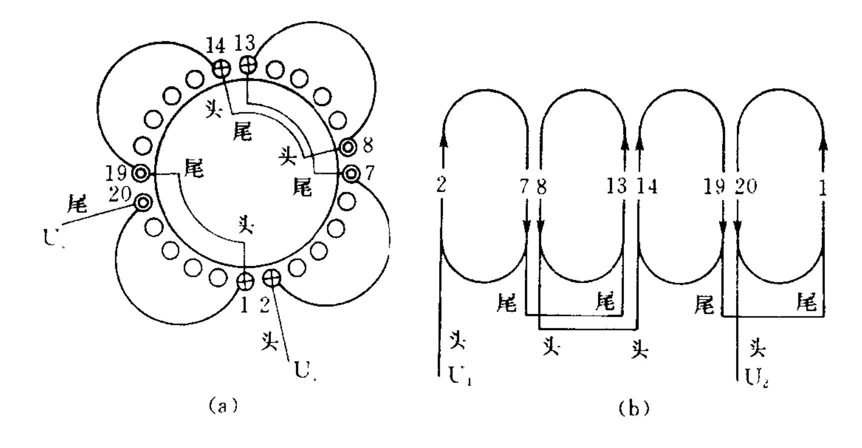


图 2-8 相绕组安排形式之三（单层链式安排）

（a）端面图；（b）展开图

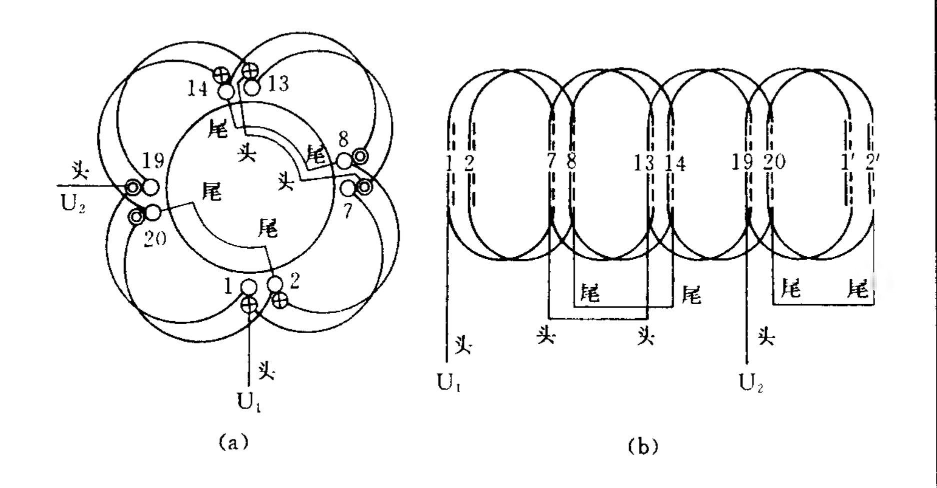
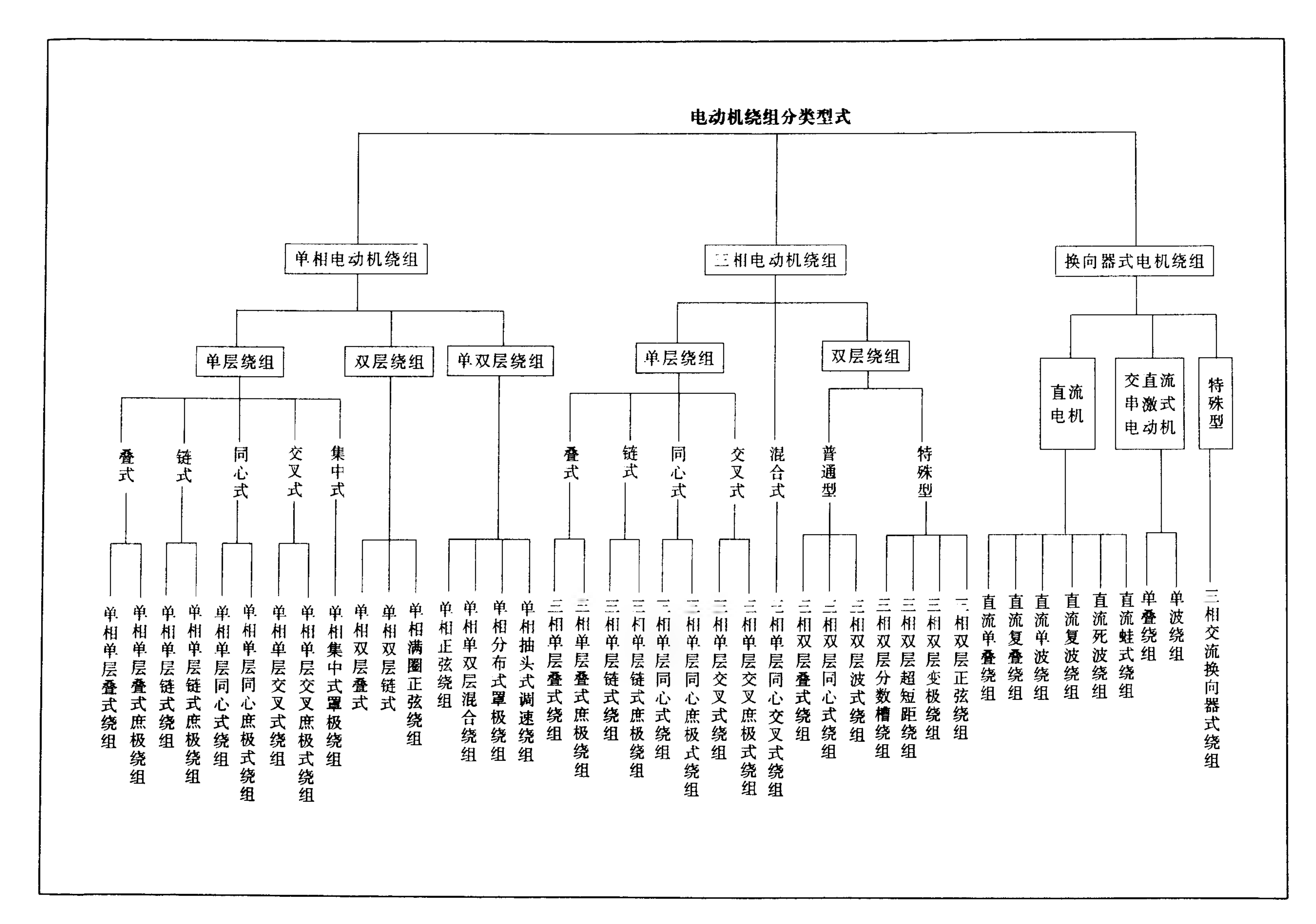


图 2-9 相绕组安排形式之四（双层交叠安排）

（a）端面图；（b）展开图（槽内实线代表下层边，虚线代表上层边）

不同相位的电流。至于单相电动机绕组将在后面详细介绍。

本书内容涉及的电机绕组除单相、三相电机外，还有直流和交直流（单相串激）电动机。绕组种类繁多，下面是电机的分类与型式：


电动机绕组分类型式
单相电动机绕组
三相电动机绕组
换向器式电机绕组
单层绕组
双层绕组
单双层绕组
单层绕组
双层绕组
直流电机
交直流串激式电动机
特殊型
叠式
链式
同心式
交叉式
集中式
叠式
链式
同心式
交叉式
混合式
普通型
特殊型
单相单层叠式绕组
单相单层叠式庶极绕组
单相单层链式绕组
单相单层链式庶极绕组
单相单层同心式绕组
单相单层同心庶极式绕组
单相单层交叉式绕组
单相单层交叉庶极式绕组
单相集中式罩极绕组
单相双层叠式
单相双层链式
单相满圈正弦绕组
单相正弦绕组
单相单双层混合绕组
单相分布式罩极绕组
单相抽头式调速绕组
三相单层叠式绕组
三相单层叠式庶极绕组
三相单层链式绕组
三相单层链式庶极绕组
三相单层同心式绕组
三相单层同心庶极式绕组
三相单层交叉式绕组
三相单层交叉庶极式绕组
三相单层同心交叉式绕组
三相双层叠式绕组
三相双层同心式绕组
三相双层波式绕组
三相双层分数槽绕组
三相双层超短距绕组
三相双层变极绕组
三相双层正弦绕组
直流单叠绕组
直流复叠绕组
直流单波绕组
直流复波绕组
直流死波绕组
直流蛙式绕组
单叠绕组
单波绕组
三相交流换向器式绕组

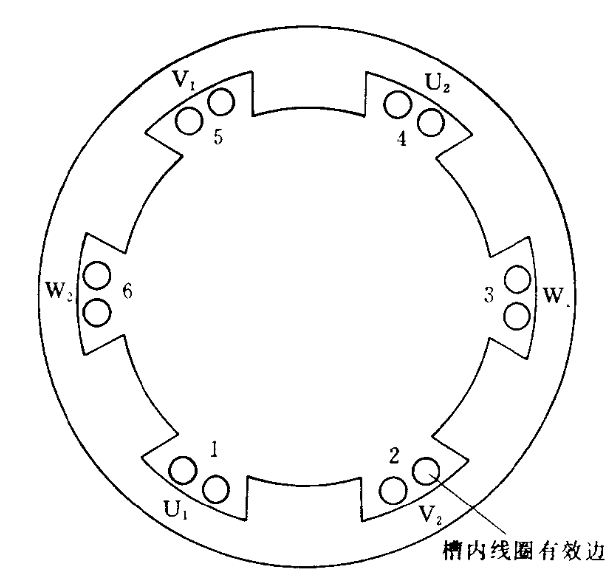


图 2-10　三相二极绕组在定子铁心的安排示意图

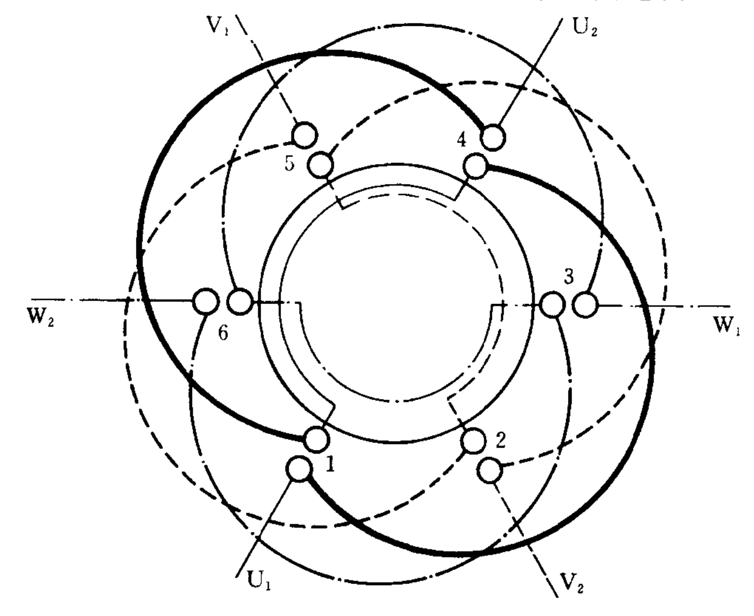


图 2-11　三相二极 6 槽电动机绕组布线接线的端面图

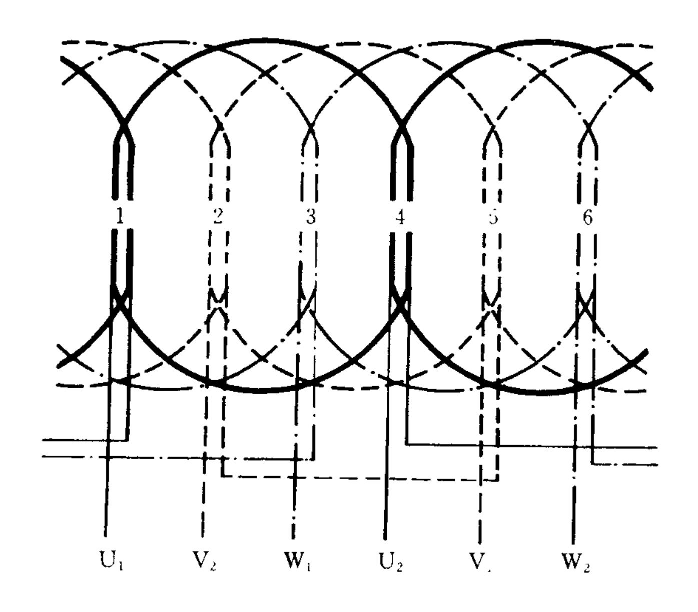


图 2-12　三相二极 6 槽（图 2-11）电动机绕组展开图

2.2　单相国产系列电动机绕组

单相国产系列是微型电机，功率从 0.4～750W，分 19 个等级。主要应用于小型机械的拖动，电机型式包括电容运转电动机、电容起动电动机和（阻抗）分相起动电动机三种机型。目前国产系列的标准产品是 DO_2、CO_2、BO_2 系列，此前产品还有 DO、CO、BO 系列及 JX、JY、JZ 等老系列，此外，更早期还生产过一些未成系列的产品。单相国产系列电动机主要采用正弦绕组布线。

单相正弦绕组在过去很长一段时期曾被列为高精度高性能的特殊型式，由于它具有较优的电气性能，对影响电机性能的三、五、七次谐波能有效地抑制，而且绕组平均匝长较短，能节省线材，且嵌绕方便等优点，目前已作为普通型式而在单相电动机中普遍采用。

1．正弦绕组的安排

单相正弦绕组的布线形式近似于单相双层同心式绕组，但各线圈安排的匝数不同，是按正弦规律分布分配的。而每极线圈的安排类型有A类和B类。

（1）A类安排。如图2-13（a）所示，同心线圈组中，最大线圈的节距等于极距，因此相邻两组的大线圈将重叠于该槽而成双层线圈，线圈匝数等于该槽分配匝数的一半。在每极圈数相等条件下，A类安排的绕组系数稍高，且电气性能也稍微优于B类，但工艺性略差。

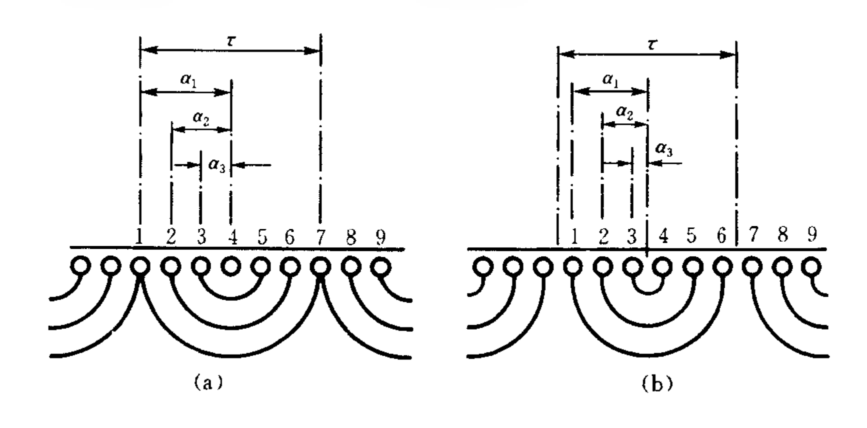


图2-13 单相正弦绕组安排类型

（a）A类安排；（b）B类安排

（2）B类安排。最大线圈的节距小于极距1槽，同相相邻两组没有重叠线圈，如图2-13(b)所示。故工艺性较好，但绕组系数和电气性能稍逊于A类。

2．正弦绕组的布线

正弦绕组的主、副绕组占槽没有普通单层绕组的固定比例，而是根据设计需要而选择不同的布线方案。

（1）满圈布线。满圈是一相绕组每极线圈数等于每极槽数（即$S_p=Z/4p$），满圈布线使正弦绕组呈双层形式。满圈正弦绕组能使电动机磁动势在气隙中获得较完整的正弦分布，从而改善电动机的电气性能，但绕组系数较低，电机用铜量增加，铜损也相应增大。彩图1-3的四极16槽2/2-A等是正弦绕组满圈布线的实例。

（2）缺圈布线。当一相绕组每极线圈数小于每极槽数时称为缺圈布线。缺圈数无规定，但缺圈增多则绕组系数也相应提高，而电气性能又随之下降，用铜量及铜损会相应减少。通常，为使线圈更有效地发挥电磁效能，所缺线圈应从小线圈减除。这时，缺圈正弦绕组则成为线圈不等匝的单双层混合结构，而缺圈越多则绕组中的单层线圈也越多。缺圈布线的正弦绕组在实例中比较普遍，彩图2-3的四极36槽1/2 A/B便是其中一例。

（3）主、副绕组布线安排。正弦绕组的主、副绕组可根据设计而选用A类或B类安排；也可根据电机性能而选用缺圈或满圈，但重绕修理都要按原来的布线型式进行修理，一般不宜改动。正弦绕组的布线要求也和普通型式的单相绕组一样，在定子空间的安排都必须满足相距90°电角度的要求。至于每相的进线从每极同心线圈组的大圈或小圈引出则遵从各人的操作习惯，但本书各图则采用从众习惯而由大线圈进线。

3．正弦绕组的线圈匝数

正弦绕组每极匝数是根据定子电磁参数确定，与一般单相电动机算法基本相同。但正弦绕组每极是由不等匝线圈构成，而且可以安排不同的方案，因此，当每极匝数确定后，线圈匝数则取决于选用的正弦方案。各线圈的匝数分配便由下式算出

$$W_Y=K_YW_p$$

式中 W_Y 节距为Y的线圈匝数，匝；

W_p 正弦绕组每极匝数，匝；

K_Y 每极线圈分布匝比，根据采用的布线方案由表2-1查得

【例】 某电容运转电动机定子$Z=24$槽，$2p=4$，主绕组每极匝数$W_p=209$匝，试求主绕组每极线圈匝数分配。

解：计算每极槽数，每极所占槽数实质为极距，故

$$\tau=Z/2p=24/4=6\text{槽}$$

查表2-1拟选用方案4，布线类型为3A，绕组系数$K_{dp}=0.804$，各线圈匝数比分别为$K_1=26.8\%$，$K_2=46.4\%$，$K_3=26.8\%$

线圈$Y=1-7$的匝数$W_{1-7}=K_1\cdot W_p=0.268\times209=56$匝

线圈$Y=2-6$的匝数$W_{2-6}=K_2\cdot W_p=0.464\times209=97$匝

线圈$Y=3-5$的匝数$W_{3-5}=K_3\cdot W_p=0.268\times209=56$匝

表 2-1 **单相正弦绕组方案及匝数分布表**

方案序号	每极槽数	布线类型	每极各槽线圈匝比 K_Y (%) 每极槽号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	绕组系数 K_{dp}
1	3	2A	50	50	50	50																0.750
2	4	2A	41.4	58.6		58.6	41.4															0.828
3	6	2A	36.6	63.4				63.4	36.6													0.915
4		3A	26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8													0.801
5	8	2A	35.2	64.8						64.8	35.2											0.905
6		3A	23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5											0.87
7		4A	19.9	36.8	28.0	15.3		15.3	28.0	36.8	19.9											0.796
8	9	2A	34.7	65.3							65.3	34.7										0.960
9		3A	22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7										0.893
10		4A	18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5										0.820
11	12	2A	34.1	65.9										65.9	34.1							0.978
12		3A	21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4							0.936
13		4A	16.4	31.8	28.5	23.3						23.3	28.5	31.8	16.4							0.833
14		5A	14.1	27.3	24.5	20.0	14.1				14.1	20.0	24.5	27.3	14.1							0.829
15		6A	13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2							0.790
16	16	3A	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8			0.963
17		4A	15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5			0.929
18		5A	12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7			0.889
19		6A	11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4						12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1			0.848
20		7A	10.3	20.0	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20.0	10.3			0.812
21	18	4A	15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2	0.943

续表

方案序号	每极槽数	布线类型	每极各槽线圈匝比 K_Y (%) 每极槽号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	绕组系数 K_{dp}
22	18	5A	12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3	0.910
23		6A	10.6	20.9	20.0	18.1	16.1	13.7								13.7	16.1	18.1	20.0	20.9	10.6	0.873
24		7A	9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6	0.837
25		8A	9.0	17.8	17.0	15.7	13.8	11.6	9.0	6.1				6.1	9.0	11.6	13.8	15.7	17.0	17.8	9.0	0.806
26	6	2B	57.7	42.3			42.3	57.7														0.856
27		3B	50.0	36.6	13.4	13.4	36.6	50.0														0.776
28	8	2B	54.2	45.8					45.8	54.2												0.912
29		3B	41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1												0.827
30	9	2B	52.2	47.8						47.8	52.2											0.928
31		3B	39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5											0.856
32		4B	34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6											0.793
33	12	2B	51.8	48.2									48.2	51.8								0.959
34		3B	36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6								0.910
35		4B	29.9	27.8	24.0	18.3					18.3	24.0	27.8	29.9								0.857
36		5B	26.8	25.0	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25.0	26.8								0.806
37		6B	25.9	24.1	20.7	15.9	10.0	3.4	3.4	10.0	15.9	20.7	24.1	25.9								0.783
38	16	3B	35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1				0.947
39		4B	27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6				0.910
40		5B	23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5				0.869
41		6B	21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10.0					10.0	13.4	16.4	18.7	20.4	21.1				0.829
42		7B	19.9	19.2	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9				0.798

续表

方案序号	每极槽数	布线类型	每极各槽线圈匝比 K_Y (%) 每极槽号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	绕组系数 K_{dp}
43	18	3B	34.7	33.7	31.6													31.6	33.7	34.7		0.958
44	18	4B	27.0	26.2	24.6	22.2											22.2	24.6	26.2	27.0		0.927
45	18	5B	22.7	22.0	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22.0	22.7		0.892
46	18	6B	20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1		0.855
47	18	7B	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5		0.821
48	18	8B	17.6	17.1	16.0	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	16.0	17.1	17.6		0.795

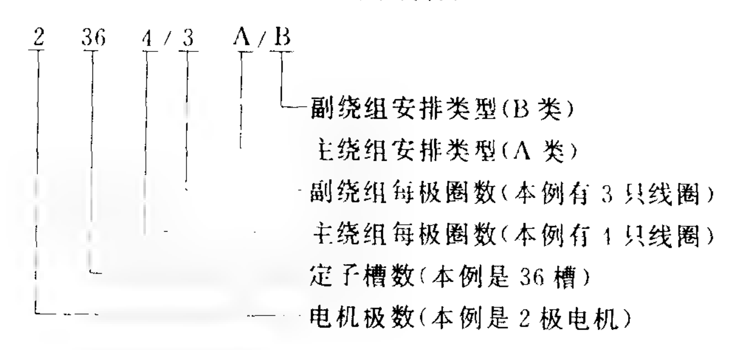
4. 正弦绕组的嵌线和接线

国产系列单相电动机的正弦绕组由主、副绕组构成，绕组嵌线均采用分层整嵌法，嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组于面。由于每极的同心线圈处于同一层次平面，故主、副绕组在端部也呈两个平面层次分布，故又称“双平面”布线。但A类安排的正弦绕组，因其最大线圈是同相同槽，所以，此线圈的嵌线有两种方法，一是对称整嵌，无需吊边，一般只适用于四极绕组；另一种是将此槽的线圈交叠嵌入。由于交叠嵌线的端部较规整美观，而嵌线时仅需吊1边，对操作并未造成明显困难，故本书中的国产系列单相电动机彩色例图均据此绘制。

正弦绕组是显极式布线，接线时分相进行，习惯是先接主绕组，后接副绕组。接线规律是同相相邻线圈组反极性串联，即“尾与尾”或“头与头”相接。

5. 正弦绕组布线结构的表达型式

由于正弦绕组每极线圈可用多种布线方案，例如24槽二级电动机就可安排A类和B类正弦布线方案10种之多，但向来都没有绕组的表达方式，对正弦绕组的布线情况无法简要地表达清楚，为此，作者在多年来采用下面的表达形式，可基本概括正弦绕组的结构特征：



此例是主、副绕组采用不用的布线方案，如果主、副绕组安排类型相同，如同是B类，则最后一项不用分式而改为：2－36－4/3－B。余类推。

国产的老系列电容运转电动机中还有数例采用非正弦绕组布线，如彩图1-2是单链布线，彩图1-4是双层叠式布线，彩图1-5与彩图1-10为同心布线等。它们都是由三相绕组接成△形后使用于单相电源的电动机，其绕组布接线与三相绕组相同，但使用时要加移相电容器，其接线可参考彩图各例。

2-3 单相罩极电动机分布式绕组

单相罩极电动机是电动机中结构最简单交流电动机，工作时仅有一相绕组接通电源，其起动是靠短路式的罩极绕组感应产生短路电流在定子磁极局部形成不同相位的磁场而建立起动转矩。罩极电动机具有结构简单，制造容易，成本低廉，运行可靠及控制、维修方便等优点；但运行效率是电动机中最低，而起动转矩小且转差率大，故一般只用于空载或轻载起动，并对转速要求不高的场合，如仪用电扇、活动广告之类的小功率装置。此外，它还有类似于力矩电动机的特点，即当转子输出受阻而被迫停转时，工作电流增加不多，可在堵转状态下较长时间不致烧毁。因此，使用环境恶劣又缺少维护的某些场合，如食堂炉灶的鼓风机就常用罩极电动机作动力。

（一）罩极电动机绕组

罩极电动机绕组有两种型式，一是集中式罩极绕组，其铁心采用明显的凸极，主绕组每极仅用一只线圈套在凸极周围；罩极绕组则用结构极简的闭合铜环镶在磁极缝隙，罩住极面的1/3～1/2。以前的电扇均采用这种电动机。另一是分布式罩极，它没有凸出的极面，属于隐极式磁极，其定子与普通电动机的槽齿式铁心相同，主、副（罩极）绕组均采用分布形式布线。

1. 罩极电动机主绕组

主绕组是与电源相接的工作绕组，其型式和普通单相电动机完全相同，从理论而言，单相电动机的所用绕组均可作为罩极电动机的主绕组，但由于正弦绕组具有诸多优点（参考上节内容），目前生产的分布式罩极电动机的主绕组已普遍应用正弦绕组。本书附录中彩图4是采用正弦绕组布线的罩极式电动机；而彩图10中的鼓风机是根据资料绘制，它仍是等匝布线绕组，为改善电机性能，各例中均作出指导性改绕正弦绕组的方案，可供修理时参考。

2. 分布式罩极绕组的布线与接线

分布式罩极绕组是电机的副绕组，它由直径较粗的绝缘导线直接嵌绕在部分槽的上层，一般每圈只有数匝；每罩极线圈根据性能设计成单圈或多圈，形成自行闭合的短路绕组而不与电源相接。罩极绕组的接线有二种：一是单路串联，即从绕入槽开始按规定绕满一极线圈匝数后，再绕入相邻极的罩极匝数，绕满全部极后将导线的尾端与起端短接起来，使全部罩极绕组形成一个闭合回路。如彩图4中的多数绕组采用这种接线；二是多路串联，通常是二路串联，其接线可参考彩图4-3所示。它的罩极有4个线圈，分两个闭合回路连接，每个串联回路由对称的两个线圈组成。此外，还有的罩极是每极分别自行短接的，其形式近似于集中式罩极圈。

罩极线圈的极性通常是与主绕组相同，如图2-14所示，U_1—U_2是主绕组；J_1—J_2为罩极绕组，主绕组和罩极绕组均是一正一反串联接线。

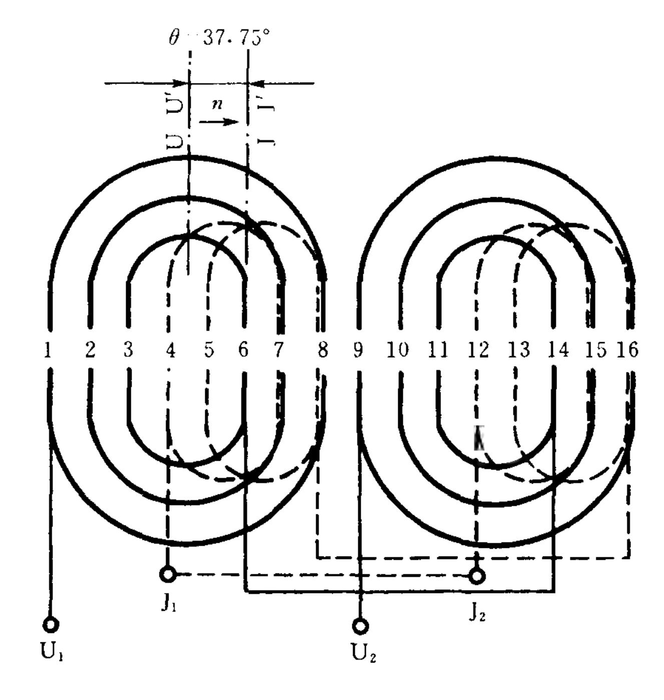


图 2-14 分布式罩极电动机绕组布线与接线示例

此外，罩极绕组一般均为显极布线，即每极均有罩极线圈，但亦可用庶极布线的，如附录彩图4-3的四极电动机就用两组罩极罩住同极性的两个主绕组磁极。

3. 主、副绕组安排与偏角

罩极电动机主、副绕组的安排是决定电机性能的主要因素之一，对一般单相电动机，主副绕组在定子空间必须隔开90°电角度，但罩极电动机则要求小于90°电角度，而且在安排上比较灵活，通常是位移30°～60°电角之间，这个位移量称之为罩极偏角，用"θ"表示。图2-14所示偏角θ是以主绕组磁极中心线U－U′与罩极绕组磁极中心线J—J′表示的偏角。此绕组每槽电角度$\alpha=22.5°$，两中心线相距1.5槽，故偏角$\theta=37.75°$电角。一般而言，偏角小则电动机运行性能较好而起动转矩较小；反之，偏角大则起动性能较好而运行性能较差。所以，一般电动机为兼顾起动和运行，常取偏角$\theta=45°$电角。

罩极偏角的大小是由罩极线圈的相对位置安排来确定的，例如将图中的罩极线圈向左移则偏角θ变小；反之θ变大。此外，也可用改变罩极线圈的节距来改变θ角，例如，若槽4、5有效边不动，将罩极线圈节距增大一槽，也同样可使偏角增大；反之则θ角变小。

（二）罩极电动机转向与布线关系

罩极电动机只有两根引出线与单相电源连接，若调反两根引线的电源极性，其副绕组的感应电动势也随之改变，故改接电源是不能改变罩极电动机转向的。罩极电动机的转向取决于罩极绕组与主绕组的相对位置，而转子是从定子铁心每极部分向罩极部分旋转的，亦即如图2-14箭头所示，电机转向是主绕组磁极中心向罩极绕组磁极中心转动。所以，要改变罩极电动机的转向，必须移动罩极绕组的布线位置而需重新嵌绕罩极绕组。对于集中式的凸极电动机，其短路环（罩极线圈）是固定镶嵌于磁极裂隙，如需反转则要将定子铁心从机座（外壳）中退出，然后把定子铁心反方向装入机座，才能使之反转。当然此法也适用于分布式罩极电动机，但不用退出铁心，仅将转子调头装入即可。

此外，还有一种特殊设计的双转向罩极电动机，它的罩极绕组也是分布式，而且由两套线圈分别安排在每极主绕组的两侧，但不自行闭合，而是将两套的首尾端线引出，用双投开关从外部控制其正反转，如图2-15所示。图中正转绕组为Z，反转为F，当开关往上时，正转罩极绕组开路，感应电势无法形成电流；而反转罩极绕组构成闭合回路，电动机反转；反之正转罩极工作，电动机正转。双转向罩极电动机绕组布线接线实例可参考彩图1-5。

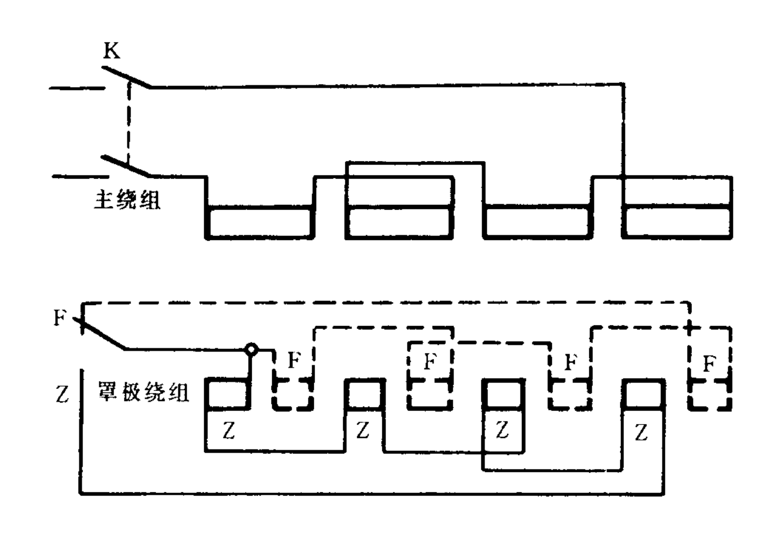
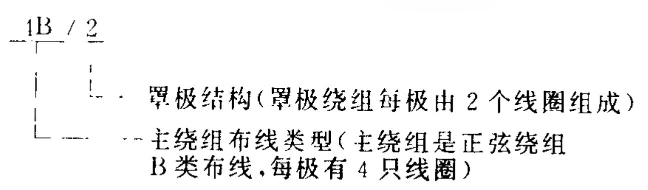


图2-15 双转向电动机的双罩极接线图

（三）罩极电动机绕组结构的表达型式

罩极电动机主绕组是采用同心线圈的正弦绕组，故主绕组仍用布线类型表示；分布式罩极绕组的布线比较多样化，很难用一个简单的形式概括全部内容，但每极圈数则具有明显的特征，故借此用来表示其布线结构，并用分式表示罩极电动机结构。其中分子部分代表主绕组，分母则是罩极绕组。例如



2-4 单相吊扇电动机绕组

吊扇是电风扇的一种特殊型式，其电机结构与台扇截然不同。吊扇属大扇叶低转速的电机，采用封闭式外转子结构，其鼠笼型转子环绕固定在心轴的内定子旋转。

1. 吊扇电动机绕组的布线型式

吊扇电动机有罩极电动机和电容运转电动机，前者是早期产品，铁心为凸极式，采用集中式罩极绕组，因其效率极低，浪费能源，现已淘汰；目前生产的是外转子式电容电动机，主要采用 36 槽 18 极 1400mm 大扇叶慢速吊扇，除此还有部分是较小扇叶的吊扇，如 32 槽 16 极、28 槽 14 极及 24 槽 12 极等规格，国外还有其他规格吊扇。

吊扇电动机虽然结构与一般电动机不同，但绕组型式则无大异，只是所用定子的槽极比均为 2，已无法安排多种型式绕组而只能采用链式布线。但无论何种型式，主、副绕组均应在定子空间错开 90°电角布线，此外，还必须在副绕组回路中串入足够的电容量，使之相位超前于主绕组。但绕组可用显极布线或庶极布线。

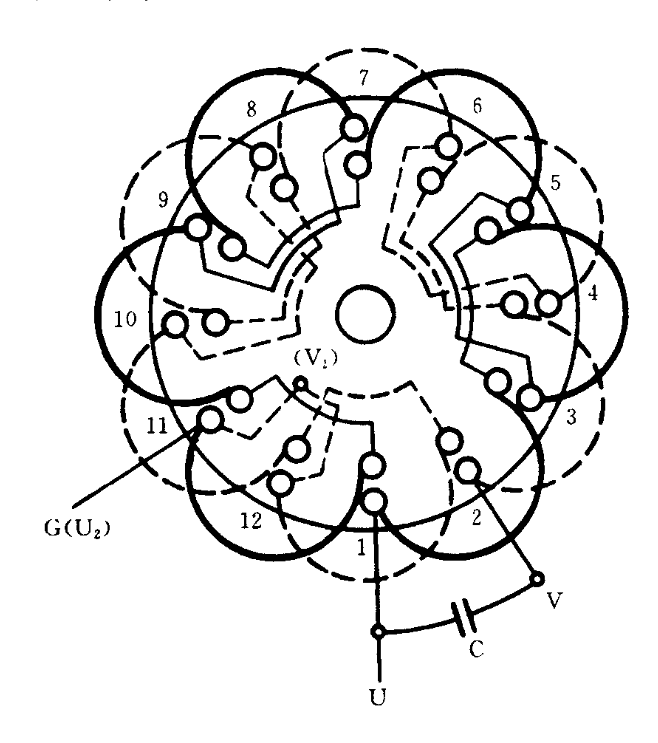


图 2-16 单相双链绕组布接线示例

(1) 双链绕组。此型式是双层链式绕组的简称，属显极布线，是双层叠式绕组的特殊形式。它每组只有一只线圈，是正弦绕组不可替代的绕组型式。双链绕组是整距绕组，无论定子多少槽，线圈节距 $Y=2$ 固定不变。此绕组主、副绕组占槽相等，线圈数也相等，故只适用于运行型电动机，而且也多见于电扇类负载，其它极少应用。图 2-16 是单相双链绕组布接线结构的示例。

(2) 单链绕组。单链绕组是单层链式绕组的简称，它有显极式和庶极式两种，吊扇电动机则只用庶极布线，其布接线示例如图 2-17 所示。单链绕组每组只有一只等节距线圈，其节距也是固定不变，即 $Y=2$；主、副绕组线圈数相等，但总线圈数较双链绕组少一半，无论是线圈绕制、嵌线及接线都较省工时，而且线圈不是连续交叠，其散热效果比双层好，故目前的吊扇多采用此型式。

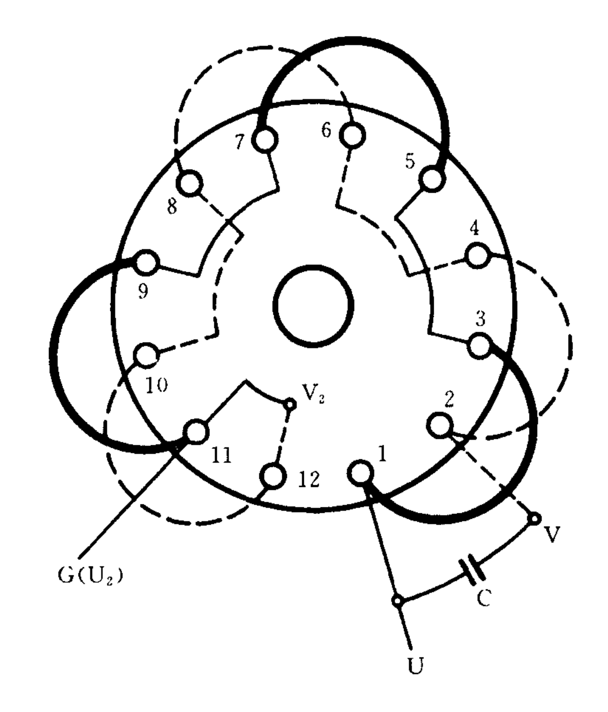


图 2-17 单相单链绕组布接线示例

2. 吊扇的转向与绕组布接线关系

吊扇电动机曾有不同转向的产品，但目前国内生产的吊扇在旋转方向上基本统一，即俯视时吊扇是顺时针转向。吊扇电动机接线按习惯将内定子平置后从近身边进行。如图 2-18 所示是吊扇电动机绕组布接线与转向的关系示意图，图中粗线代表主绕组线圈，细线代表副绕组线圈。其中图 2-18 (a)、图 2-18 (b) 是双层布线，图 2-18 (c)、图 2-18 (d) 是单层布线；图中仅画出主、副绕组进线 U、V 两只相邻的线圈。确定电机旋转方向时假设电流从 U、V 流入，这时，转向可由两种方法决定：

(1) 以槽极性确定。当相邻两槽极性相同时，电动机从副绕组槽向主绕组槽旋转。

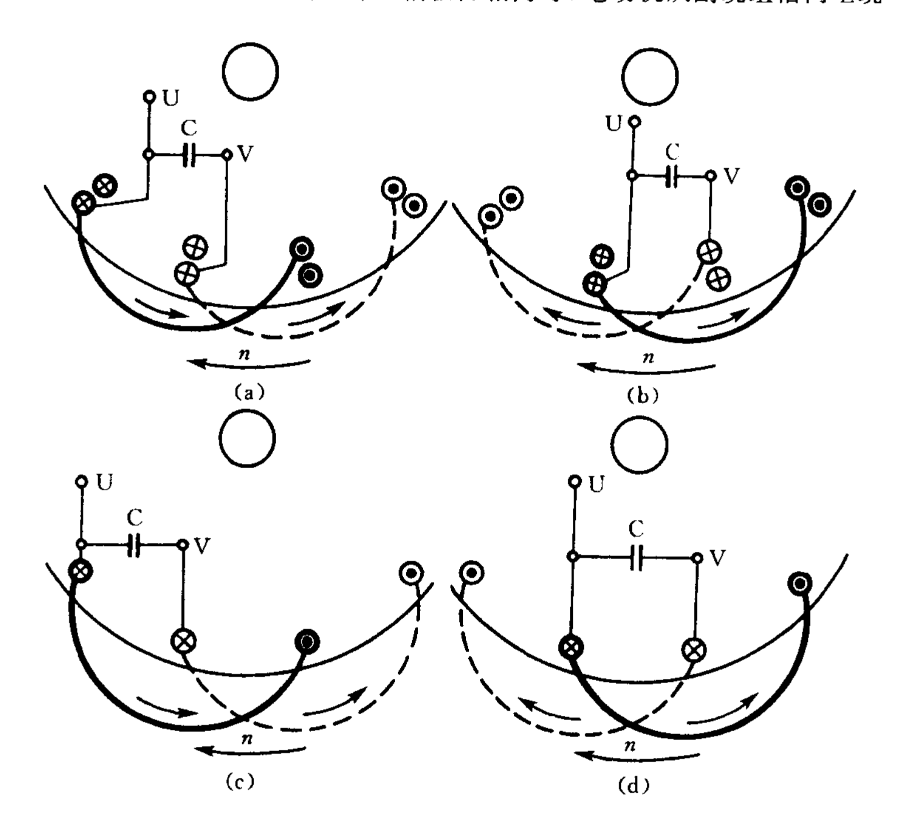


图 2-18 单相电动机转向与布接线关系示意图

(2) 以线圈电流确定。当相邻主、副线圈电流方向相同时，电动机从副线圈向主线圈旋转，如图 2-18 (a)、图 2-18 (c) 所示；反之，若相邻主、副线圈电流相反，则转向从主线圈转向副线圈，如图 2-18 (b)、图 2-18 (d) 所示。

以上方法也适用于其他单相电动机。当然，单相电动机反转可以通过调换一相绕组极性来调整，但若电机仅引出线三根而把公共点连接在内，待试机时才发现转向不合，改接便要拆卸，不但耗费工时，还可能造成绕组损伤。对此，在接线时准确定向就显得尤为重要。

3. 吊扇电动机的绕组嵌线

吊扇电动机的内定子嵌线是将铁心横向竖起，线圈从顶槽嵌入，嵌一槽后向前滚动再嵌入，故称前进式嵌线。具体嵌法则根据绕组型式而定：

(1) 双链绕组的嵌线。双链绕组嵌线与双叠绕组相同，均采用交叠嵌线，每只线圈有效边分别置于隔开 1 槽的上、下层，其线圈端部呈交叠状的整齐排列。嵌线规律是：嵌一槽，推进一槽嵌一槽，再进一槽嵌一槽。如此类推。嵌线吊边数为 1。

(2) 单链绕组的嵌线。单链嵌线可用整嵌法，无需吊边，但有分组整嵌和分层整嵌：

1) 分组整嵌。嵌线是以交叠的相邻主、副绕组各一只线圈为一组，先嵌主线圈，再嵌入副线圈，逐组嵌线，最后仍然可形成双平面绕组。

2) 分层整嵌。嵌线是先将主绕组线圈逐个嵌入，嵌完后再嵌副绕组线圈。嵌线规律是：嵌入一圈往前推，空出一槽嵌一圈，再空一槽再嵌一圈。其余由此类推。完成后，主、副绕组也分置于双平面。

2-5 单相家用洗衣机电动机绕组

家用洗衣机用的是单相电容运转电动机，但由于洗涤工作要求间歇正反转，故绕组设计有别于一般用途的单相电动机，而且根据工作性质而采用不同的型式。

1. 洗衣机用电动机绕组

普及型洗衣机用电动机是24槽4极电动机，绕组布线有单双层混合式和改良型正弦绕组，由于正弦绕组线圈匝数经改良调整后已较大地偏离正弦规律，但因其布线形式仍然是单双层结构，故本书将其归纳到单双层绕组。在修理时就不宜套入正弦规律求取线圈匝数，也不应按单双层的匝数比分配线圈匝数，而应按原始数据或查阅资料进行重绕。

洗衣机用电动机接线如图2-19所示，主、副两套绕组布线型式及参数完全相同，正、反转工作时互为副绕组。例如电动机正转时M_1是主绕组，A_1则串入电容器C而为副绕组；当反转时则M_2是主绕组而A_2为副绕组。绕组采用显极布线，每相由4组线圈按反极性串联而成，每组则由2只同心线圈构成，但有两种布线类型。A类安排的线圈组的大线圈节距等于极距，采用双层布线，小线圈则是单层线圈。绕组的布线接线可参考附录彩图7-3。B类安排的每组同心线圈与A类不同，它的大线圈是单层而小线圈为双层，而且大线圈节距较极距短一槽。由于没有同相相叠的线圈，嵌线略感方便，且平均匝长较短，用线也较省。彩图7-4是此种绕组的应用实例。

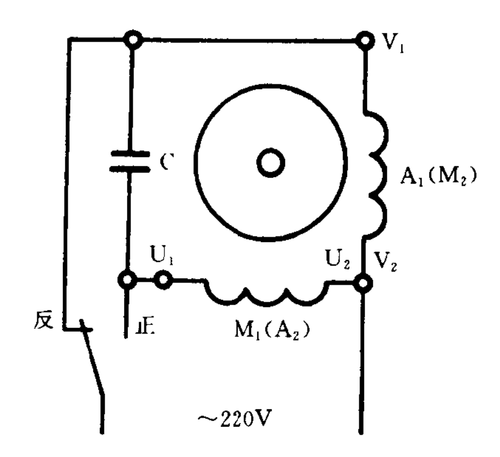


图 2-19　洗衣机正反转控制接线原理图

2. 高级洗衣机电动机绕组

高级洗衣机是单相电容运转式双速电动机，它的定子铁心嵌入两套不同极数的绕组，其中底层是2极高速绕组，用于甩干(脱水)之用。绕组是显极式正弦布线，主、副绕组占槽比为2，此绕组是单转向，绕组接线原理参考图2-20。2极绕组虽是正弦布线，但实用上为便于制作，常对线圈匝数进行调整，使部分线圈成为等匝线圈。表2-2是某双速电动机的绕组参数示例。

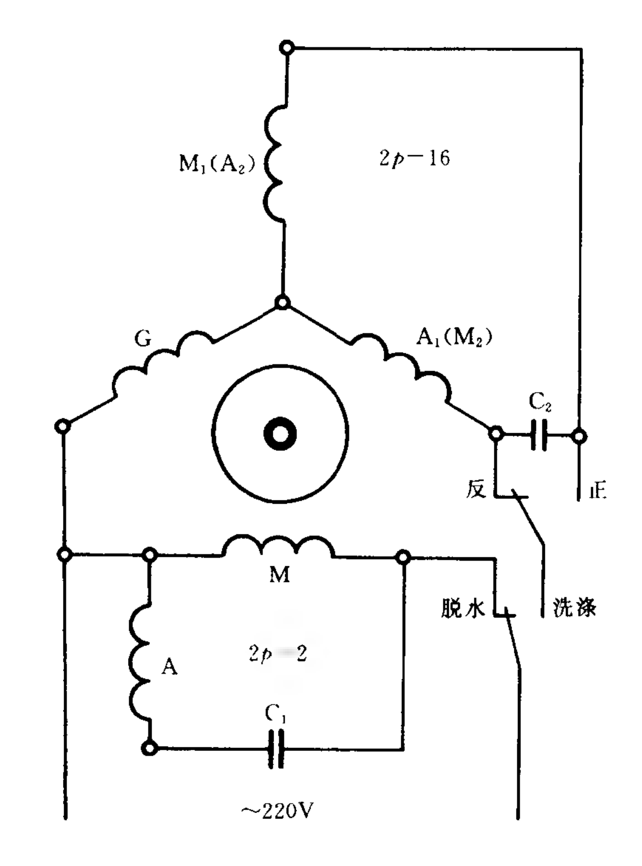


图 2-20　洗衣机双速电动机控制接线原理图

双速电动机的洗涤绕组是16极，嵌于槽的面层，绕组按三相单层形式庶极布线，绕组采用等节距线圈，每组只有一只线圈，每相由8只线圈顺向串联而成，其中主、副相绕组线圈参数（线径、匝数）均相同，而公共绕组G匝数略少。由于每极相槽数$q=1$，单层绕组每组只能安排一只线圈，并且要用庶极布线，无法安排正弦绕组，为减小三次谐波对电机的影响，特用

表 2-2　　洗衣机双绕组双速电动机定子绕组数据表

绕组		极数	线径(mm)	相电阻(Ω，20℃)	线圈节距	线圈匝数
洗涤	主绕组	16	0.38	60	2	150
	副绕组		0.38	60	2	150
	公共绕组		0.38	40	2	100
脱水	主绕组	2	0.62	7.5	23、21、19、17、15、13、11、9	21、24、21、21、21、21 21、21
	副绕组		0.41	23	23、21、19、17	50、50、50、50

Y 形接法。此绕组的主、副绕组正、反转工作时互为主、副，而公共绕组则串联在主、副绕组的总回路。此电动机的两套绕组必须互锁控制，绝不允许同相通电。双速电动机布接线见附录彩图 7-6 所示。

3. 脱水用电动机绕组

脱水用电动机采用单双层布线，与洗涤用电动机绕组型式基本相同，且较多采用 B 类安排，即如彩图 7-4 所示。但脱水工作不要求正反转，故主绕组和副绕组一般设计成不同的绕组参数，以获得较优的电气性能。通常，副绕组的线径较细而总匝数少。脱水电动机多采用电容运转电动机，但亦有个别产品是单相分相起动电动机。

此外，脱水电动机也有采用单层绕组布线，如彩图 7-2 所示。其绕组是显极布线，但主、副绕组占槽比不同，故绕组型式也不同，即主绕组占槽2/3，每组占 4 个同心双圈组反向串联而成；副绕组则占槽 1/3，每组只有一只线圈，并按相邻反极性串联接线，绕组则是单层链式布线。

2-6　家用电冰箱单相电动机绕组

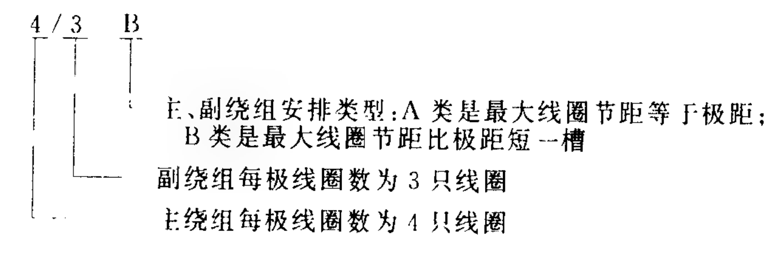
电冰箱电动机主要系指压缩机用电动机，属起动型单相异步电动机，转子是鼠笼型结构，定子有主绕组和副绕组，副绕组仅作起动之用，起动时在主、副绕组的磁势相互作用下产生旋转磁场和起动转矩，当电机转速达到同步转速 3/4 时，副绕组通过继电装置脱离电源而退出工作，电动机便仅由主绕组投入运行。

电冰箱电动机是与压缩机密封在同一机壳内，并工作于制冷剂中，其绕组除具有一般电机的机械及电气性能外，还需要较强的耐热性和抗溶剂性，故要选用 QF 型或 QXY 型的聚酰胺—酰亚胺等高强度漆包圆铜线绕制线圈。

1. 电冰箱电动机绕组

电冰箱压缩机用电动机是阻抗分相起动电动机，但亦有个别产品选用电容分相或双电容电动机。定子铁心有两种规格，一种是 24 槽，绕制 2 极绕组；另一种是 32 槽，绕制 4 极绕组，均采用正弦绕组布线。

(1) 冰箱电动机绕组型式。为识别绕组结构特征，本书的冰箱电动机正弦绕组采用的表达形式与系列电动机相同，即绕组型式由绕组结构和布线类型组成，如：



(2) 24 槽 2 极电动机绕组。用此规格定子绕制正弦绕组满圈安排是每极 6 圈，而电冰箱电机正弦绕组用缺圈布线，其绕组结构有 4/2—B、4/3—B、4/4—B、4/4—A、5/3—A、5/3—B、5/4—B、5/5—B 等 8 种。主绕组每极线圈数一般多于副绕组，但正弦绕组均系显极式布线，二极电动机的主、副绕组均由 2 组同心线圈构成，如图 2-21 所示。两组间的接线是"尾与尾"相接，从而使两极线圈组极性相反。绕组布接线可参考附录彩图 9。

(3) 32 槽 4 极电动机绕组。32 槽定子 4 极正弦布线满圈安排是每极 4 圈，由于每极槽数较少，为使正弦磁势趋好以获得较理想的电气性能，主绕组常取满圈或接近满圈布线，采用的绕组结构有 3/2—B、3/3—A、3/3—B 及 4/3—A 等 4 种。冰箱电动机实例布接线见附录彩图 9。

2. 冰箱电动机副绕组的特点

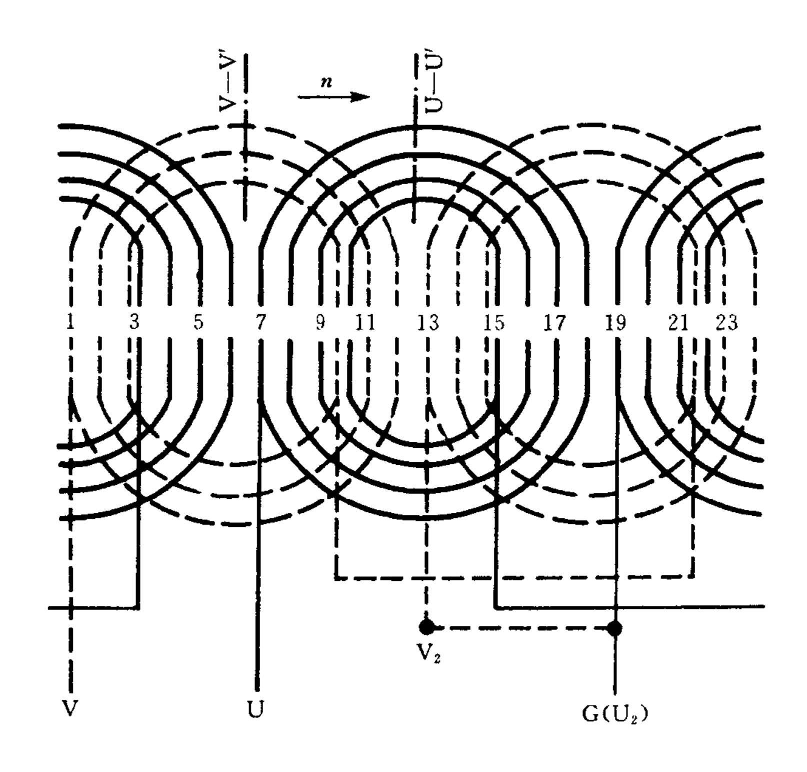


图 2-21 电冰箱 24 槽 2 极电动机绕组展开图

由于冰箱电动机的副绕组仅在起动时通电，故可适当提高其电流密度而减少它的占槽和匝数，以利于主绕组有足够的合理布线空间。冰箱压缩机电机在实用上较多采用阻抗分相起动电动机，但由于起动静阻力矩较大，特别是在压缩机工作过程中突然停电后再起动时确保其重载起动，要求电动机具有足够的起动转矩，因此，分相电动机的正弦副绕组除与主绕组在定子的安排上错开 90°电角的空间位移外，还必须使副绕组的电流与主绕组有足够的相位移。为此，副绕组常取较少的匝数来降低其感抗值，并选用较细的导线绕制线圈以增加副绕组的移相电阻。如果在有限匝数中获得的电阻还不足以产生所需起动转矩时，可采用反绕匝数的技术措施，即在有效匝数阻抗不变的基础上加绕正反匝数。例如某副绕组线圈有效匝数 85 匝，今欲加 60 匝的导线电阻，实际操作时是绕满 85 匝时按原绕方向加绕 60/2=30 匝，然后再反绕 60/2=30 匝。这样，实际总共绕线 145 匝，但此线圈先加绕 30 匝的感抗将被后反绕 30 匝的感抗所抵消，则绕组原来的感抗不变，而所增加的仅是正反共 60 匝导线的纯电阻。这样可使副绕组的移相电阻增加。此外，为使较少匝数下获得尽量大的电阻，避免导致槽满率过高，通常把增绕匝数加到大节距线圈；如果所增匝数容纳不下则可将其分增于两只线圈。

以上仅就反绕原理而言，实际增加匝数后，副绕组的总阻抗还是变大了，故还应减去总阻抗所增匝数，但这属设计上的问题，不属本书讨论内容。

3. 冰箱电动机的转向

冰箱压缩机的润滑用油泵是单向运行工作的，若反转便因不能供油而可能导致损毁。因此，电动机不能反转运行，其正确的转向从压缩机的电机端视向是反时针旋转。而电动机与压缩机同密封于壳体内，电动机主、副绕组公共点在机内连接，仅出三根引线。所以修理接线时就必须预先按正确转向接线。转向确定方法与 2-4 节原理相同，但冰箱电机绕组是每极多圈，故用磁场中心确定转向较为方便。例如图 2-21 中，与主相第 1 组相叠有二个副相线圈组，本例取左侧进线，则 U 和 V 是进线，即电流方向相同，而主绕组磁极中心为 U—U′，副绕组磁极中心是 V—V′，此电动机便从 V—V′ 向 U—U′顺时旋转。如果用此法确定的电机方向与要求不符而需改向时，可将副绕组的头、尾线端调换连接，即取右侧进线，这时同极副绕组的极中心 V—V′移至槽 18 与槽 19 之间，故电动机转向与前相反，即变成逆时针旋转。

冰箱电动机转向确定或改接必须在接线时进行，否则一旦安装结束而外壳封闭后再拆开，不但费工费时，还可能造成损坏。

2-7 家用电扇单相电动机绕组

电扇的早期产品是构造简单的罩极式集中绕组的电动机，随着技术的进步，后来采用效率较高且性能较好的单相电容运转电动机，并从单速电扇过渡到外调速电扇，再到内抽头调速电扇，发展到今天，电扇用抽头调速绕

组已有 20 余种之多。

（一）电扇电动机绕组的基本型式

电扇用单相电容电动机均为四极，其基本型式是单速绕组，如需调速要外加串联调速电抗器如图 2-22 所示。这是抽头调速出现以前作为电扇调速的主要方法，目前除吊扇调速仍采用外，对台扇类电扇已极少应用。但它是抽头调速绕组的原型，所有调速电动机均由单速绕组改进而来。电扇的种类也由原来单一的台扇发展到目前的顶扇、壁扇、落地扇、鸿运扇等众多品种，而其电机定子也由一种规格发展到三种。

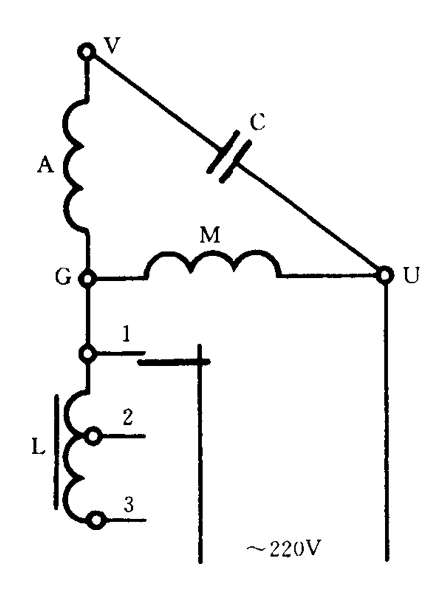


图 2-22 电扇外接调速器线路

1. 8 槽定子绕组

8 槽定子是单相电容电动机电扇初期采用的规格，电动机采用双层链式绕组显极布线，主、副绕组占槽相等，每组仅用一只节距 Y－2 的线圈，主、副绕组各由 4 只双层线圈按正反正反极性串联而成；主、副相的头端 U、V 引出，其尾端在内连接成公共点也引出一线 G。绕组的布接线用端面模拟图绘制如图 2-23 所示。

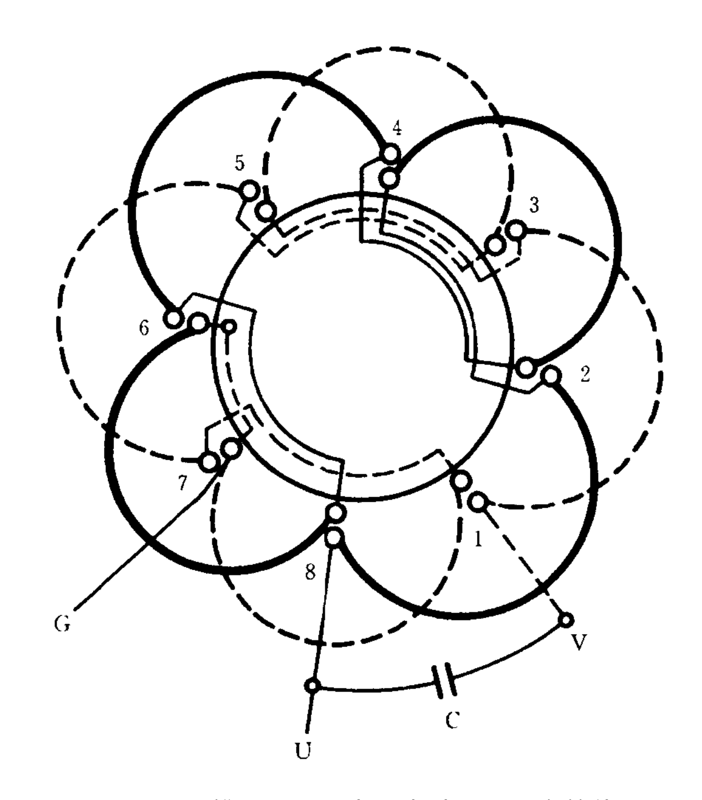


图 2-23 8 槽电扇单相电容电动机绕组布接线图
（按顺时针方向设计）

2. 16 槽定子绕组

16 槽定子是随后采用的规格，电动机采用单层链式绕组显极布线，主、副绕组占槽相等，均由 4 只单层线圈组成。主、副相引出线为 U、V，尾线内接后引出线 G。绕组布接线如图 2-24 所示。绕组采用短节距线圈，较省铜线，单层线圈槽内无需层间绝缘，增加了槽内有效空间，虽然与 8 槽定子同是 8 只线圈，但嵌线略显方便，故制作工效略可提高。

3. 12 槽定子绕组

12 槽定子的电扇是近几年出现的规格，定子铁心由方圆形定子冲片叠成，并采用异形槽设计，即 12 槽中有两种槽形和截面不同的槽，如图 2-25

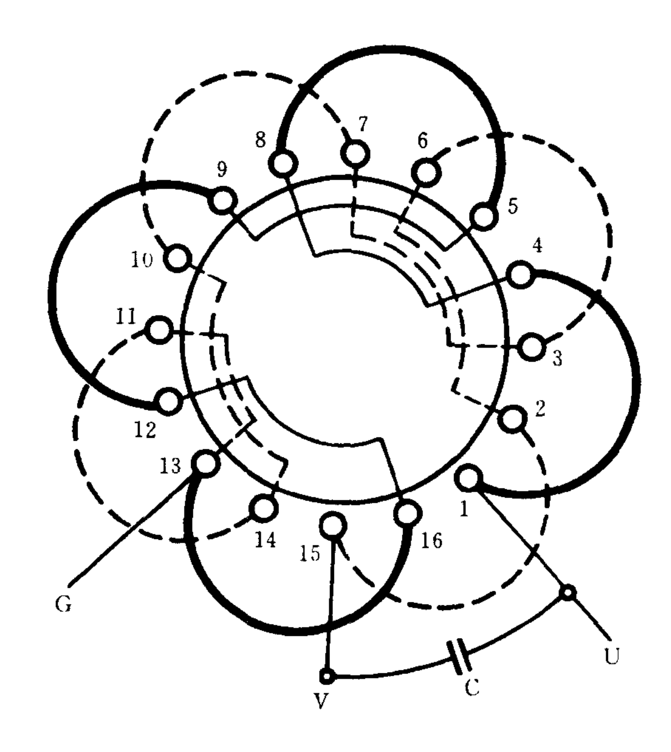


图 2 24　16 槽电扇单相电容电动机绕组布接线图

（按反时针方向设计）

所示。其中 8 个槽安排在冲片的直边方向，槽的截面积较小，嵌入单层边；另 4 个槽安排在冲片四角弧边方向，截面积较大，嵌入双层边。定子绕组采用单双层混合布线，但与常见的单双层绕组不同的是每只线圈一有效边是单层边，另一边则跨入双层槽，即绕组没有完全单层或双层的线圈。绕组布接线见彩图 5-2。

12 槽定子绕组可安排全距或短距，由于全距绕组较费铜线，而且三次谐波及其他高次谐波转矩较大而不宜采用，目前仅用 2/3 短距的绕组，它不但省线，而且完全消除三次谐波磁势，并能有效地削弱高次谐波的影响。此外，一般单相电机主、副绕组要求正交分布，即相差 90°电角空间安排，但 12 槽定子正交分布时是全距而失去优点，故目前采用的短距绕组是 120°非

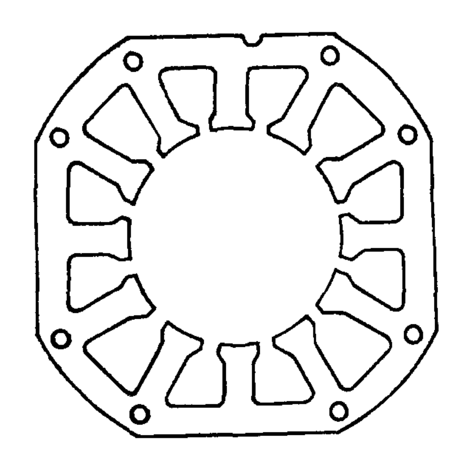


图 2-25　12 槽方圆形定子冲片

正交分布，即主绕组进线磁极中心（彩图 5 2 中的槽 2）与副绕组进线磁极中心（彩图 5-2 中槽 12）相距为 120°电角。12 槽电机较 16 槽的线圈要少，其制作工艺或电气性能均具一定优势，所以目前已为各种小型电扇所采用。

（二）电扇用抽头调速绕组

抽头调速绕组是在上述基本型式发展而来的特殊型式电机绕组。它不需附加调速设备，而只需在定子中安排一套调速绕组，并通过接线变换来达到改变电动机的运行转速，所以是一种成本较低又不占空间的调速方法而被广泛应用。但由于抽头调速的实质是改变绕组每匝电压，使电动机处于欠压运行来达到减速目的，亦只有风扇类才适用这种调速方式。因为扇类负载的特性是阻力矩随转速平方成正比，而且特性的斜率较陡，电动机在欠压状态下工作转矩下降而迫使转速变慢，并稳定在电机转矩与负载阻力矩的平衡点上。因其起动转矩也随之下降，这种调速方式不能运用于恒定负载或带负载起动的场合。

1．调速的方法

（1）改变一相绕组的调速。单独改变主绕组或副绕组每匝伏数可使电扇转速减慢，但两种调速效果不同。主绕组调速只能在原匝数上增匝，相当于在主绕组回路串联电抗器使电流减小，但副绕组电流不变，所需增加的降压

匝数约为原设计运行匝数的1.5倍。这样，若槽满率不变则因匝数增多而使输出大幅下降，调速效果差，故一般极少采用。彩图5-20是一相增匝调速电动机布接线的示例。

单独改变副绕组匝数则可增可减。当增多匝数与原有匝数之比 $a=1\sim1.4$ 时效果不明显；只有增匝 $a>1.4$ 时才见效果，即与主绕组情况相当。但副绕组减匝的调速效果则优于增加匝数。但单一改变一相匝数的调速仍不够理想，故实用上极少采用。

(2) 改变主、副绕组匝数比的调速。这种调速是同时改变主、副绕组匝数进行的。调速的接线常用“L”形，因单相电动机两绕组互差90°电角，绘制接线图时常呈“L”形故称之。调速的基本型式有如下几种：

1) L—1型调速。它所增加的线圈匝数安排与主绕组同相位，并抽头分档调速，故又称主相抽头调速。接线原理如图2-26所示，图中M是主绕组原有线匝，T是调速绕组所增加的线圈（匝数），A是副绕组。当档位处于“1”档时主绕组施加正常电压，这时副绕组包含调速绕组线匝，但 $a<1.4$，故电动机转速达到正常最高值。若调速档位转换到“2”，则电动机在副绕组减匝而主绕组增匝的双重作用下转速明显减速。

L—1型调速绕组是在主绕组的基础上增匝，故用材较多，成本较高，

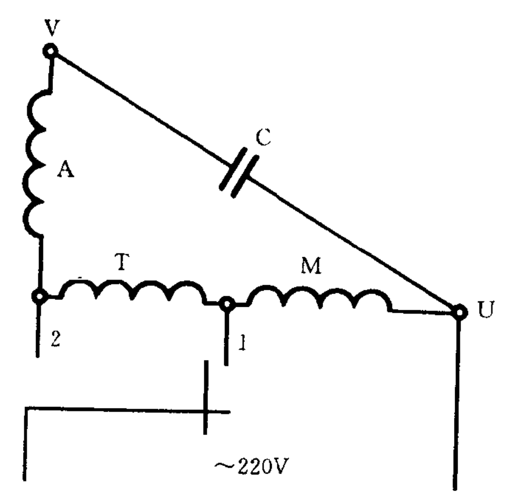


图2-26 L—1型调速绕组接线原理图

而且高速档时，电容两端电压可达 $(2.1\sim2.8)U_N$，使电容器成本增加而不够经济外，也可能导致不安全因素，故主要应用于低电压的电扇。彩图5-16是L—1型抽头调速绕组应用实例。

2) L—2型调速。接线原理如图2-27所示。它的调速绕组是与副绕组同相位，故又称副相抽头调速。调速是采取减少副绕组匝数的同时增加主绕组匝数的双重作用进行调速，故其调速效果较好，绕组增加的线匝较少，故成本也低，且对电容器耐压要求不高，是目前家用电扇产品采用较多的调速型式。附录彩图5-1、彩图5-7等均是L—2型调速电扇的布接线实例。

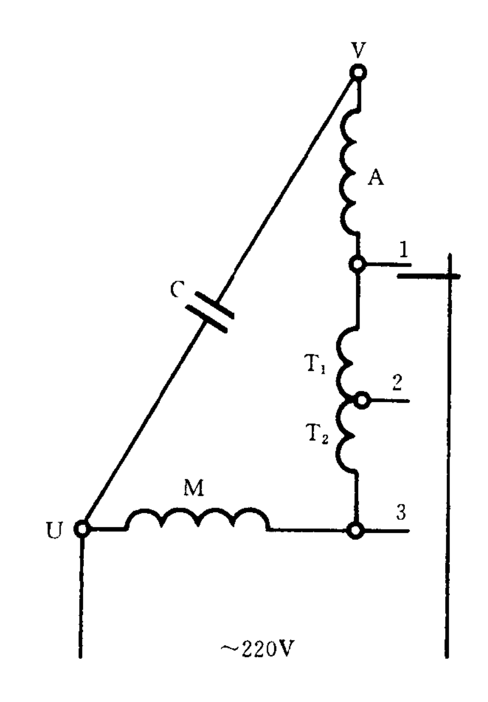


图2-27 L—2型调速绕组接线原理图

3) L—1/2型调速。这种调速绕组分布于主、副相。但目前在电扇电机中尚无实例，仅见用于空调器用的扇风机。

4) h—2型调速。这种调速是由L—2型演变而成，调速绕组与副绕组同相，并把主绕组分成两段而中间抽头，将电容器从原来的主绕组U端改

接到中点O，如图2-28所示。因此线路除副绕组抽头之外，还有主绕组中点抽头而称双抽头调速。h 2调速与L-2相近，其绕组的设计更趋复杂，但电容器耐压可降低而电容值需增大。h 2型调速具有调速效果好、起动转矩大及增匝用铜量相对较少等优点；但不利之处是线圈数量多、抽头多，绕组绕嵌接线耗费工时，目前国内尚应用不多。其绕组布接线可参考彩图5 21所示。

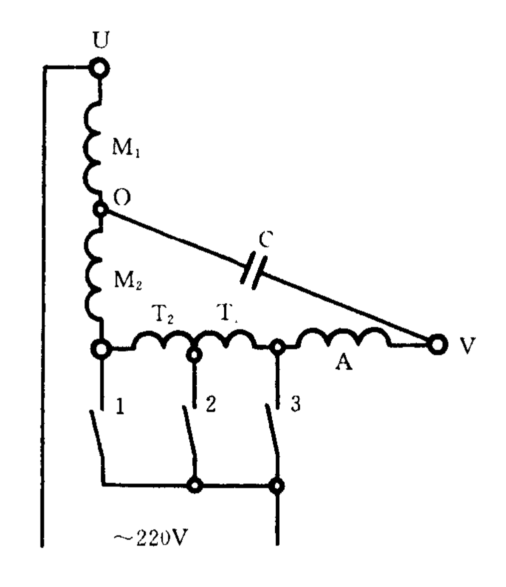


图 2-28 h 2型调速绕组接线原理图

(3) 内附电抗式调速。这种调速是在L型调速基础上串入附加线匝进行调速，其调速原理相当于单速电动机串联电抗器的调速，但串入的电抗线圈是嵌绕在定子铁心槽内而非外接，调速时相当于主、副绕组同时增匝或减匝。附加的电抗调速绕组可以与主绕组同相，也可与副绕组同相。因其附加的绕组在主、副绕组连结点之外而呈“T”形，故称为T型抽头调速。它有四种型式：

1) T 1W型调速。调速绕组与主绕组同相，接线原理如图2-29所示。“1”档为快速、“2”档、“3”档是串入附加电抗，故转矩降低使转速变慢。由图可见，无论在任何调速档位，调速绕组均在L—1形接线之外，故称主相外（W）抽头T型调速。电机布接线示例见彩图5-9。

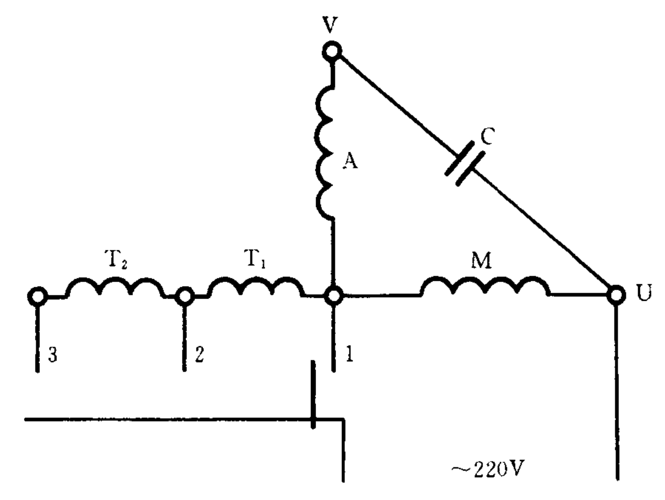


图 2-29 T 1W型调速绕组接线原理图

2) T 2W型调速。此种调速原理与T 1W型基本相同，但调速绕组安排与副绕组同相，故称副相外（W）抽头T型调速。接线原理见图2-30

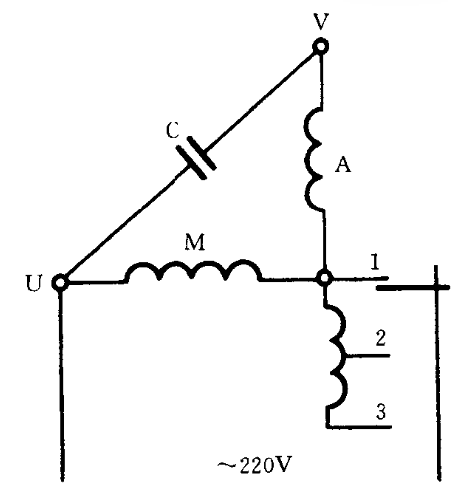


图 2-30 T-2W型调速绕组接线原理图

所示。彩图 5-12 是这种调速布接线示例。

3）T -1N 型调速。调速绕组与主绕组同相，如图 2-31 所示。但调速过程中部分调速线匝包含在 L -1 型接线之内，故称主相内（N）抽头 T 型调速。因此主、副绕组在调速时的匝数有一定的改变，例如，快速“1”档时调速绕组是主绕组的一部分，绕组主磁场是两部分磁通相加；中速“2”档时，部分调速绕组（T_2）成为公共增匝部分，即主绕组减匝部分；“3”档时则全部调速绕组成为主、副绕组外增匝，电机电流减少，主磁场被削弱，转速随转矩下降。但实践证明，此种线路调速效果并不理想，实际极少采用。附录彩图 5-22 是其布接线示例。

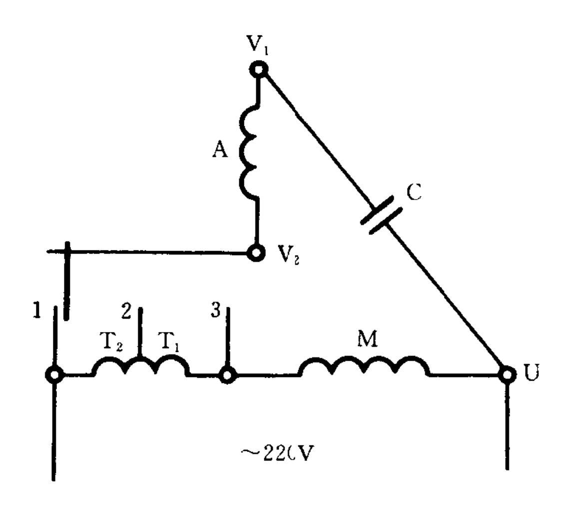


图 2-31 T -1N 型调速绕组接线原理图

4）T - 2N 型调速。调速绕组与副绕组同相如图 2-32 所示。相当于副绕组部分线匝化作共同支路来降压，从而使总回路的阻抗增大达到降压调速目的。因其调速局部线圈接入 L -2 副相线路之内，故称副相内（N）抽头 T 型调速，其调速效果则优于 T -1N。彩图 5-24 是此种调速电动机的布接线示例之一。

（4）改变磁场的调速。改变磁场调速的接线，本书称 Φ—1 型调速，它是将调速绕组与主绕组串联或并联进行调速，是从 L -1 型演化而来的接

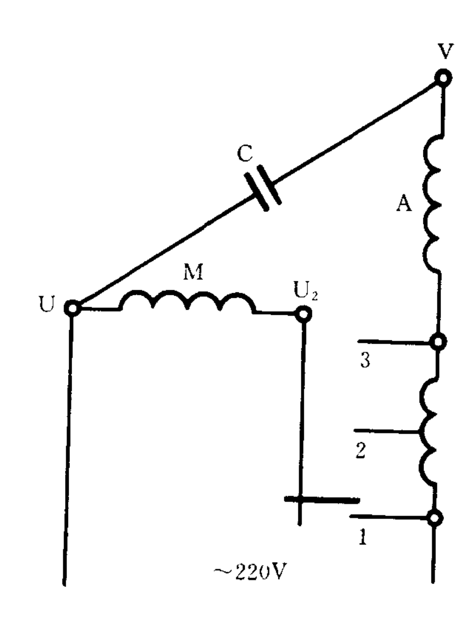


图 2-32 T 2N 型调速绕组接线原理图

线，故调速绕组与主绕组同相，如图 2-33 所示。其调速原理有别于上述各型，它是通过开关将调速绕组与主绕组串联或并联以减弱或增强主绕组磁场使电机转矩下降或增大来达到调速的目的，故此时又称串联调速。调速时，调速绕组与主绕组串联，主绕组工作电流减少，转矩下降则转速随之降低；反之，两绕组并联则转速提高。但调速过程，副绕组始终不变。Φ 1 型调速性能和节电效果都较好，而且附加的线圈用线也较省，是一种近几年出现比较理想的调速线路。目前国产电扇已有采用，其绕组布接线可参考彩图 5-26。

（三）电扇调速绕组的布线与结构型式

1. 调速绕组的布线

调速电扇绕组由主绕组、副绕组和调速绕组构成，绕组嵌线不宜用交叠布线，而是采用分层布线，从而使各绕组在端部呈现双平面结构。但因调速绕组分布结构不同而布线程序有两种：

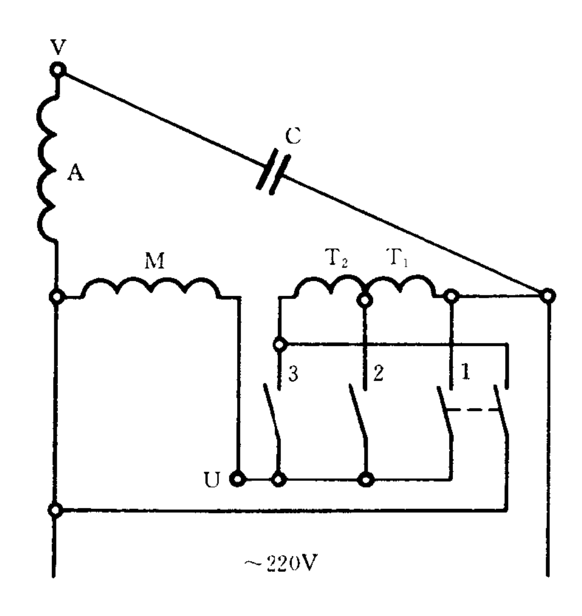


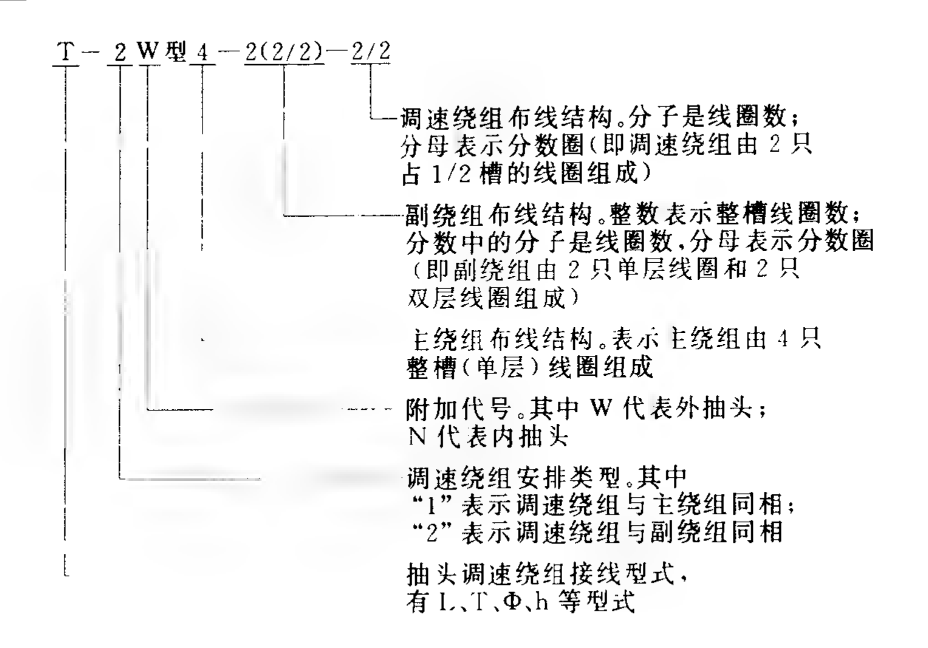
图 2-33 Φ 1型调速绕组接线原理图

1）“2”型的布线。调速绕组与副绕组同相，即调速绕组与副绕组没有交叉而只是重叠结构，所以属“2”型安排的绕组可按主绕组 副绕组 调速绕组的顺序嵌线，其端部呈双平面结构。

2）“1”型的布线。调速绕组与主绕组同相，若仍用上面的嵌序则端部将形成交叉重叠的三平面，且端部厚度过高，整形困难而容易导致短路。故此可改用两种嵌序：一种是先嵌主绕组，再嵌调速绕组，最后才嵌副绕组；另一种则先嵌副绕组后再嵌主绕组，最后嵌入调速绕组。改变嵌序后调速绕组与主绕组虽然衬垫绝缘端部有三层，但从结构来说，主绕组与调速绕组基本仍属同一平面，故仍是双平面结构。本书则采用第一种嵌序。

2. 电扇抽头调速绕组结构的表示型式

电扇抽头调速电动机绕组有数十种，由于绕组的分布安排及布接线不同，故需用一种能简易概括绕组结构特点的表述形式，本书采用作者独创型式表示如下：



（四）调速绕组的接线与转向

电扇电动机均是四极绕组，主绕组均由4只线圈组成，是显极布线，故相邻线圈的极性必须相反，即“尾与尾”或“头与头”相接；副绕组若是4只线圈则接法与主绕组相同，如是只有两只线圈是庶极布线，并在安排在定子对称位置，其接线是两线圈顺接串联。调速绕组的结构较复杂，对于双速则通常只用二只线圈分布在对称位置，为庶极接法，即顺接串联；若是三速并用8只线圈时，此调速绕组是显极布线，接线分两组，4线圈（每极下各1线圈）为一组，使相邻线圈反极性，但两组同一极下的线圈极性必须相同；对4只调速线圈也分两组，但每组2只线圈是对称分布，并用庶极接法使同组两圈极性相同，而两组极性必须相反。这样可使调速时平衡切换而不致产生单边磁拉力。

目前生产的电扇转向是面对风叶视向为顺时针旋转，但定子绕组接线通常在风扇的尾部，故应使转子反时针方向旋转。调速电扇的旋转方向由主绕组和副绕组的接线决定，与调速绕组无关。转向与接线的关系可参考吊扇绕组一节所述。本节从略。

2-8 空调器用单相电动机绕组

空调器用单相电动机分两类，一类是制冷压缩机用的电动机，其规格与电冰箱压缩机通用，绕组型式可参考冰箱电机绕组一节；另一类是空调器的通风循环系统的风扇电动机，属单相电容运转电动机，采用卧式双轴伸全封闭结构，电动机两端分别装有离心式扇叶和轴流式扇叶，是本节主要介绍的内容。

空调器风扇电动机大多采用抽头式调速，由于公开的资料极少，本书介绍的也仅数例，而且部分还是在修理中积累的资料，仅供修理时参考。

空调风扇电动机用 24 槽和 36 槽的定子，虽然抽头调速原理与电扇相同，但由于槽数比电扇多，故绕组结构就显得较为复杂，通常都是每极多圈的改良型正弦绕组。绕组布线型式主要有：

1. L 2 型双速绕组

L 2 的调速绕组与副绕组同相位布线。空调风扇电动机 L 2 型有 24 槽二极和 36 槽四极两种规格，均是双速电机，因主、副绕组每极多圈，故调速绕组每极也由多圈组成，而且可采用显极布线或庶极布线，绕组接线如图 2-34 所示，电机引出线四根，引线所注色标是国产电机主要厂家采用引线的色别。

2. L 1/2 型三速绕组

此抽头调速电机的调速绕组分为两部分，一部分（T_2）与主绕组同相，另一部分（T_1）与副绕组同相，故本书定其为 L 1/2 型，属特殊的调速型式，仅见用于国产系列的空调器。绕组布接线可参看彩图 8-3。此绕组是 36 槽三速，采用正弦绕组，主绕组是 3B 布线，副绕组为 3A 布线，调速绕组分两部分，与主绕组同相部分是 3B 布线，与副绕组同相部分则采用 A 类布线，但缺最大节距的线圈，每极只用 2 只同心线圈。

L—1/2 的绕组接线原理如图 2-35 所示。两组调速线圈的电流方向应与同相位的主、副绕组相同。例如档位（1）时，电源输入端在“1”，则 T_1 与 T_2 串联于副绕组回路，但 T_2 线圈实质仍与主绕组同相，故应使 T_2 的电流与 M 同方向；而 T_1 则与副绕组同方向。这时主相磁场增强，电动机转矩

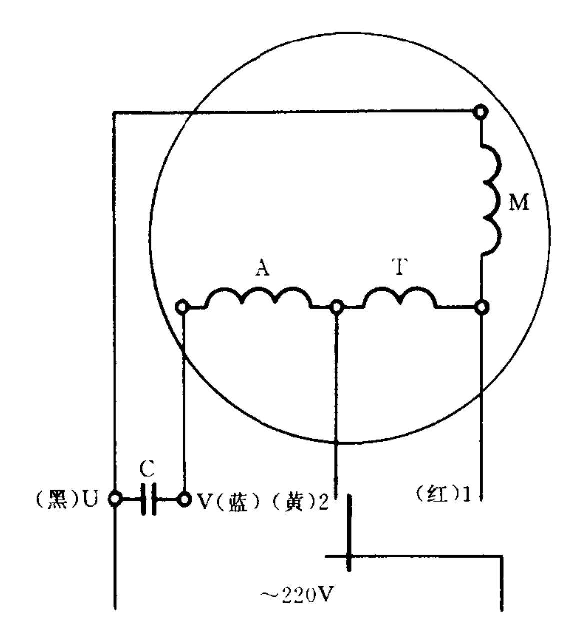


图 2-34 空调风扇 L 2 型双速绕组接线原理图

最大而处于快速运行。当档位切换到中速（2）档时，T_2 线匝被接入主绕组回路，这时不但使主相回路串联阻抗增加，而且因 T_2 方向与主绕组反向而进一步削弱主相磁场，使主绕组回路电流减少，电动机转速随之明显下降。当档位在（3）档时，T_1 的线圈再入主相回路，则电流再进一步减少，电动机慢速运行。

3. T 1 型三速绕组

空调 T 1 型三速电动机是日立空调用风扇，定子为 36 槽，调速绕组与主绕组同相，副绕组是单层绕组，并采用分数圈交叉布线，绕组由等匝单双圈构成；调速绕组则是每极 2 只不等匝同心线圈，其中 4 只大节距线圈连成一组，其余 4 只小线圈也为一组。这样可使换档时转速平稳过渡，且噪音较小。调速线圈的极性与主绕组极性相同。三速绕组接线原理如图 2-36 所示。

此外，一些较低档产品还采用单速风扇，其绕组系正弦布线，绕组结构可参阅单相系列电动机。此处不再重述。

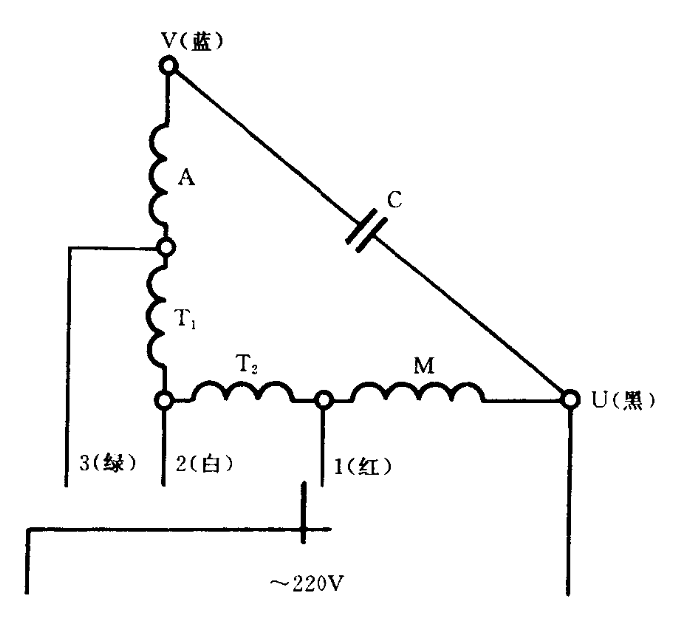


图 2-35　空调风扇 L　1/2 三速绕组接线原理图

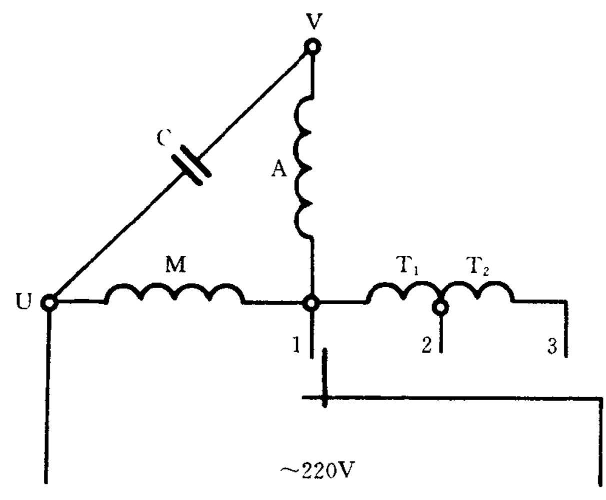


图 2-36　空调风扇 T　1 型三速绕组接线原理图

2-9　车用电机绕组

车用电机主要是汽车，但也包括拖拉机及其他内燃机用的发电机和电动机，而本节主要介绍发电机绕组。汽车发电机是向起动机和照明、空调、蓄电池等提供电源的发电设备。发电机有两种，一种是长期以来使用的直流发电机，另一种是现代汽车使用的交流发电机。但目前两者的安装固定方式是统一设计成通用形式，即可相互替代使用。

（一）直流发电机绕组

汽车用直流发电机属换向器式电机，主要结构是定子和转子。

1. 直流发电机励磁绕组

直流发电机定子由铁质筒形外壳、凸形极靴和励磁绕组构成。定子绕组是励磁绕组，采用集中式布线，即每极一只由绝缘导线绕制的矩形线圈，经包裹绝缘后套在定子凸极周围，故二极发电机有两只线圈，通常是按反极性串联，但亦有采用两极并联接线，故修理时要查清，以免接错。

2. 汽车发电机单叠绕组

单叠绕组是汽车发电机电枢的主要绕组型式，线圈元件两有效边跨嵌于相当于极距的两槽上下层，线圈头尾两端则接入换向器相邻的两片上，如图 2-37 所示。此图是由 8 个单元（虚）槽的二极电枢示例，元件头端从换向片 1 起绕行一线圈，其尾线接到换向片 2，再绕行一圈尾线接入片 3，如此绕行一周，最后经槽 1 回接到起始换向片 1，形成一个单循环闭合回路，又因其线圈端部呈交叠状，故称单叠绕组。

图 2-37 的 8 槽是指单元槽，又称虚拟槽，即以一个元件拟为一槽绘成绕组展开图，它便于理论分析，为教科书上广为采用。但此电枢绕组实际只有 4 槽，即实槽数 $Z=4$，而每槽内嵌入两个有效边，但每线圈则包含 2 个元件，故展开图与直观的实物不符，容易给修理者造成混乱，为使读者能更直观地了解电枢绕组的布线和接线，本书推荐采用作者独创的端面模拟画法。它是以实槽为单位的画法。例如展开图中单元槽 1、2 实际上属同槽中 2 个元件，亦即同一线圈中的 2 个元件，因此可由图 2-38 的一个线圈来表示，图中有效边上小圈所标示为所在槽号，它的两元件分别接入换向片 1 和

2，而另一有效边跨于槽3，2元件尾线便分别对应（即虚线为元件1，实线为元件2）接于2、3片。如将图2-37绘成从整流器视向的端面图则如图2-39所示，用实槽表示绕组布接线对修理就更直观、方便。

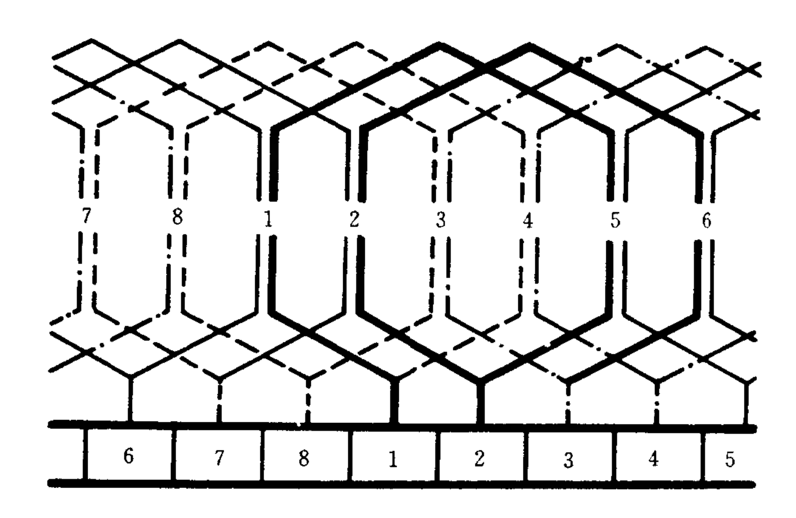


图 2-37 单叠绕组展开图示例（$Z=4$，$Z_0=8$，$2p=2$）

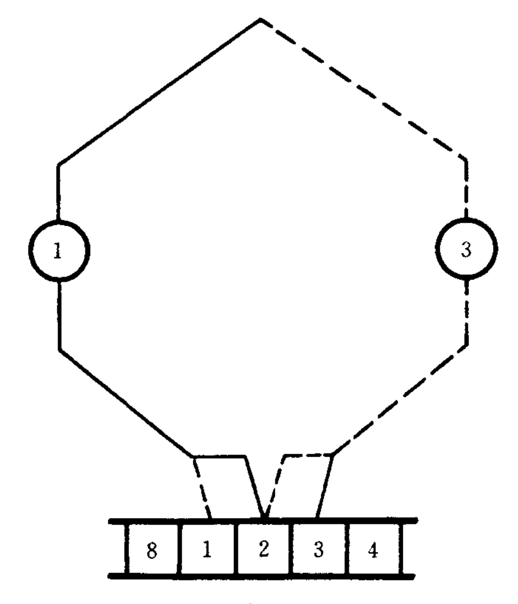


图 2-38 单叠绕组电枢一个线圈的表示法

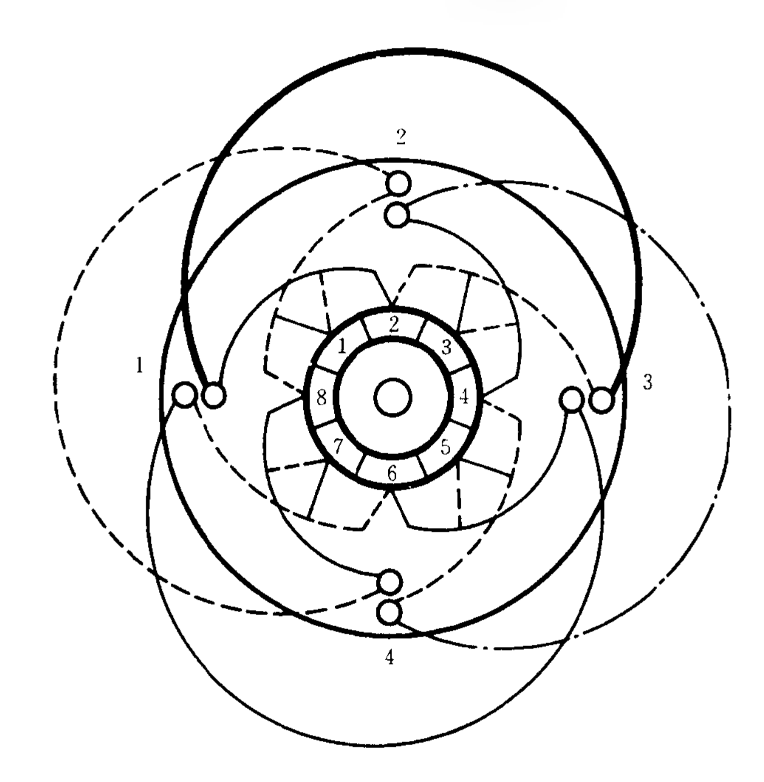


图 2-39 直流电枢转子单叠绕组端面模拟图示例

（$Z=4$，$2p=2$，$Z_0=8$，$u=2$）

3. 汽车发电机死波绕组

死波绕组是单波绕组的特殊型式，它的绕组元件头尾两端线不是接在相邻换向片上，而是接在相距约两倍于极距的换向片上，即换向片节距

$$Y_K=\frac{K\pm1}{p}=\text{整数}$$

式中 K——换向片数；

p——磁极对数。

式中的正、负号选择是为了满足 Y_K 值凑整而设。单波绕组的所有元件绕行完成后都必须回到起始换向片而形成闭合回路，为满足此条件，总元件数和换向片数都必须是奇数，否则，例如彩图 18-3 中，换向片数 $K=41$，而总元件数（虚拟槽数）$S_Z=42$，当绕行完成到最后便会余下一元件没有换向片可接；若把换向片增加 2 片即 $K=43$，则依然没法完成完整的闭路。为此只有将多余的一个元件不接入换向器，使其成为死元件（又称伪元件），故把这种具有死元件的单波绕组称为死波绕组。修理时要将死元件两端绝缘好。另外，死元件虽与电枢没有交连，但它在转子槽中起着动平衡作用，所以不得除去。此外，波绕组只能构成四极及以上极数的绕组，二极电机不能采用波绕组。

4. 直流发电机绕组接线

汽车用的直流发电机是并励发电机，即励磁绕组与转子电枢并联接线，但发电机要通过调节器稳压和配电而引出两个或三个接线柱，并因厂家设计而有不同的接线。

（1）内连内搭铁。两励磁绕组反向串联后，一端与电枢一端在内部连接后共同接铁，励磁绕组和电枢另一端则分别接到磁场和电枢接线柱，如图 2-40(a) 所示。外部电路则把励磁绕组经调节器接到电枢，使之构成并联支路。

（2）内连外搭铁。这种电机也是两个外接线柱，接线原理如图 2-40(b)，它仅有电枢一端在内部接地，而励磁绕组一端在内部与电枢连接，而另一端接到磁场线柱，然后再经调节器与地（铁）相接，构成并联支路。

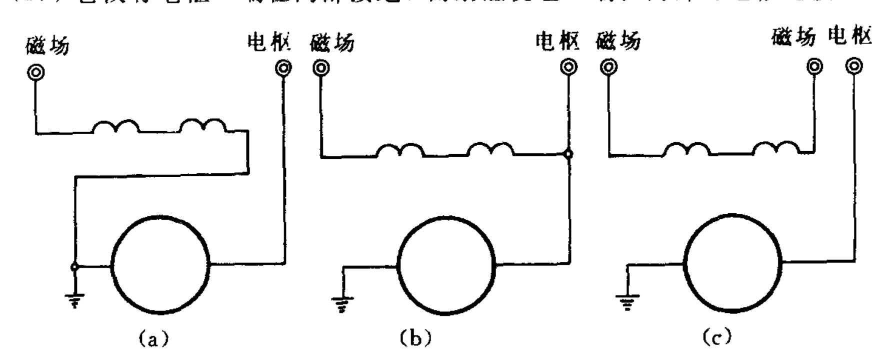


图 2-40 汽车直流并励发电机的接法
(a) 内连内搭铁；(b) 内连外搭铁；(c) 外连外搭铁

（3）外连外搭铁。电机有三个外接线柱，如图 2-40(c) 所示。其中电枢一端接到电枢线柱，另一端直接与铁相连；励磁绕组没有内部连接点，绕组两端分别接到两个磁场线柱，要通过外部调节器把励磁绕组并联于电枢两端。

（二）交流发电机绕组

汽车用交流发电机属三相同步发电机，它的磁场由压装在转子轴上的爪极和励磁线圈构成，励磁线圈通过电刷和滑环输入直流电源。发电机定子由槽齿冲片叠成，与一般电动机相同，常用的定子铁心有 24、30、36、42 槽四种规格，三相绕组绕成 8、10、12、14 极电机，但绕组一律采用单层链式庶极布线，绕组的展开图示例如图 2-41 所示。绕组所有线圈的节距、形状及尺寸均相同，而每组只有一只线圈，且线圈节距必须为奇数，即 $Y=3$ 不变。这种绕组具有无需层间绝缘、槽的有效利用率较高、线圈数少、嵌绕方便等特点。彩图 18 中交流发电机均采用此种型式绕组。

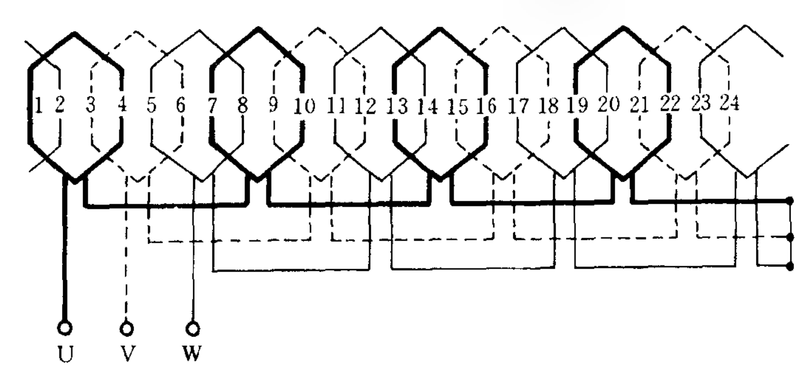


图 2-41 汽车交流发电机绕组展开图（$Z=24$，$2p=8$）

2-10 民用三相电动机绕组

三相电动机绕组的型式很多，性能、特点各有优劣，而民用电动机主要包括常用工具及通风机、小电泵等小型的异步电动机。故本节介绍的电机绕组型式仅是常用的几种普通型式。

三相绕组是由三个参数相同、布线、接线型式均相同，并在定子圆周上互相间隔 120°电角度安排在槽内而构成。因此，只要合理排出一相绕组，其余二相便可照此安排。

1. 三相单层链式绕组

单层链式绕组简称单链绕组，是三相小电机采用最多的绕组型式之一。它是根据第三种形式安排的绕组，图 2-8（a）是三相四极 24 槽单层链式的 U 相绕组，由图可见，槽 1、2 和 13、14 的电流极性是流入；槽 7、8 和 19、20 电流流出，如果线圈用展开图画出，并假设流入的方向向上，便如图 2-8（b）所示的单链一相绕组。三相单链绕组的布线接线图如图 2-42 所示。

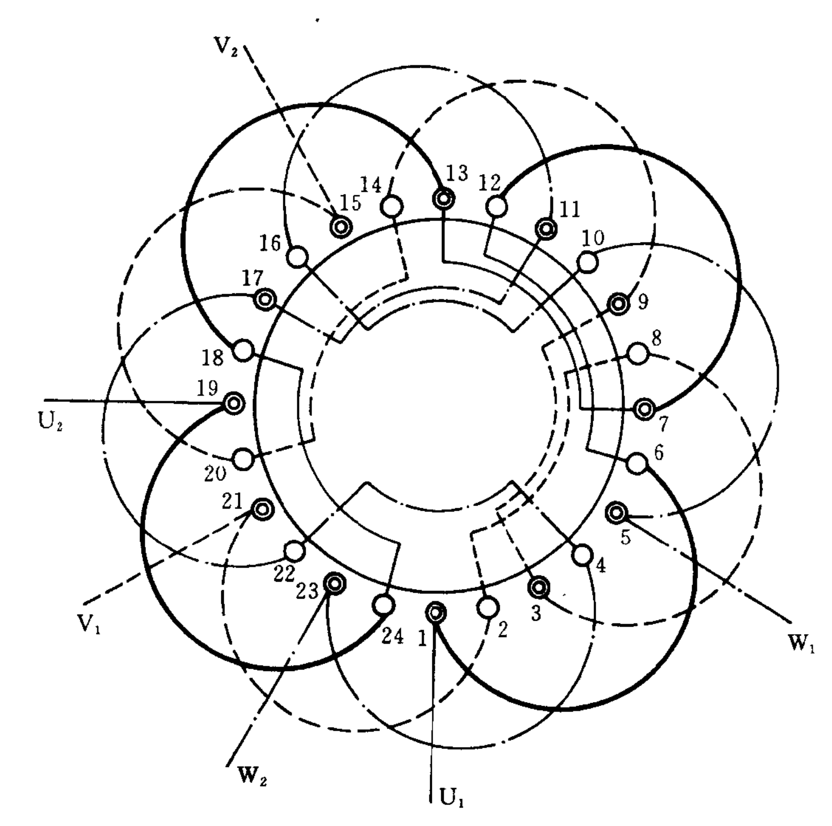


图 2-42　24 槽四极单层链式绕组

单链绕组是指显极式绕组，它具有如下特征：

1）每组只有一只线圈，绕组所有线圈的形状尺寸及节距均相同。

2）绕组每极相占槽数 $q-2$，故同相相邻两槽的极性必须相同。

3）每相线圈组数为偶数，并等于极数，即属显极布线，故同相相邻线圈组应反极性连接。

4）绕组是全距绕组，但线圈节距均短于极距，是小功率三相电动机常用的绕组型式。

此外，单层链式也可用庶极布线，主要用于汽车发电机。

2. 三相单层交叉式绕组

绕组安排与单链基本相同，也是显极布线，但每极相槽数不等于偶数，而是 $q=3$、5…奇数，如按单层安排则每组线圈数是带 1/2 圈的分数，为此，必须将其中 1/2 个线圈归并而成为 $q-1/2$ 的小联组和 $q+1/2$ 的大联组。若 $q-3$ 则形成单双圈的布线如图 2 3（b）所示的形式。这种由大小联交替布线的单层绕组称为单层交叉链式绕组，简称交叉式绕组，其实质属单层布线的分数绕组。

单层交叉式绕组具有如下特征：

(1) 绕组多采用显极式布线，同相相邻两组线圈端部向两边反折，但同相相邻的槽电势相同。

(2) 每极相槽数为 $q>2$ 的奇数（整数），线圈组由相差 1 圈的大小联组构成。

(3) 单层交叉式绕组有四种布线型式：

1）不等距交叉布线。这是电机常用的布线型式，绕组由两种节距线圈组成，其中大联线圈节距 $Y_1-\tau-1$，小联线圈节距 $Y_2=Y_1\ \ 1$，绕组是显极布线。通常所指的单层交叉式即是这种绕组。图 2-43 是单层交叉式绕组示例。

2）整距交叉布线。它所采用的线圈节距均相等，而且节距等于极距，均长于上例，故又称长等距交叉式。它也是显极式布线，绕组示例如图 2-44 所示。绕组每相由单双圈构成，但双圈一组的两只线圈不相邻，而是隔开一槽同相异组线圈边。绕组唯一的优点是线圈等节距，嵌绕略感方便，但因线圈节距大，耗费线材，故一般极少应用。

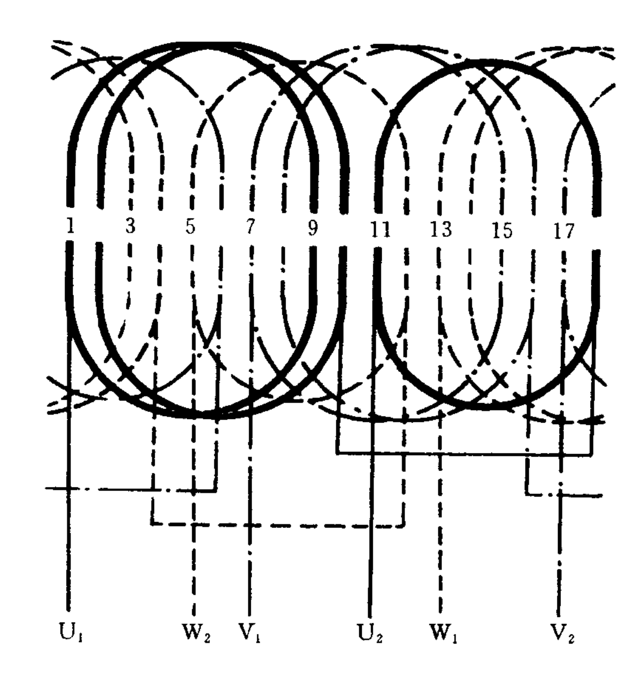


图 2-43　三相单层交叉式绕组展开图示例（$Z=18$，$2p=2$）

3）短等距交叉布线。它的构成原理与整距交叉相近，在单双圈组中，双圈组的两只线圈也是隔开一槽布线，但双圈之间空出的槽是嵌入其他相线圈边，造成相带断续，故又称具有断续相带绕组。图 2-45 是绕组的展开图示例。这种绕组的线圈节距最短，较极距缩短 2 槽，比较省线，但电磁性能较差，也极少应用。

4）庶极交叉布线。绕组由不等距的单双圈或双三圈组成，同相两组线圈是不相邻的，而是相隔一个极距。绕组示例如图 2-46。庶极形式的接线与前面不同，两组之间是“尾与头”顺接串联，即使全部线圈的极性相同。由于每相线圈组为显极绕组的一半，嵌绕都较省工，在国外常为采用，国内则极少应用。

3. 三相单层同心式

绕组采用第三种安排形式，它是由中心线重合的大小线圈组合成“回”

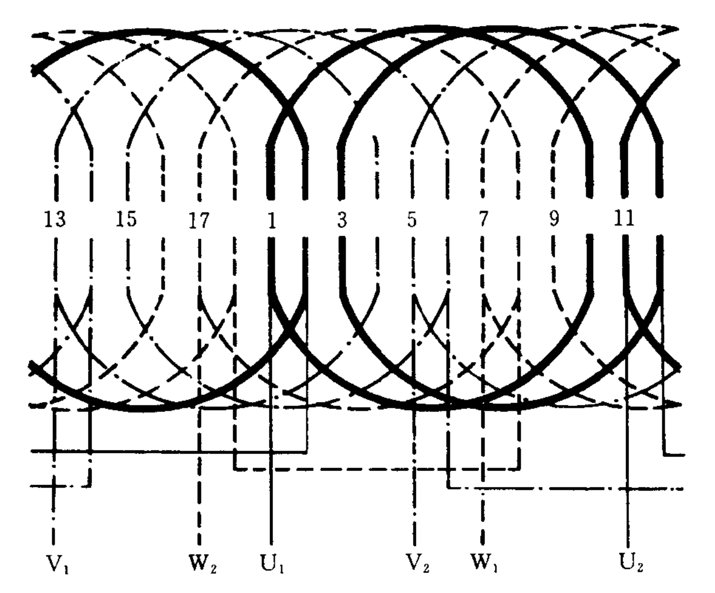


图 2-44　三相单层整距交叉式绕组示例（$Z=18$，$2p=2$）

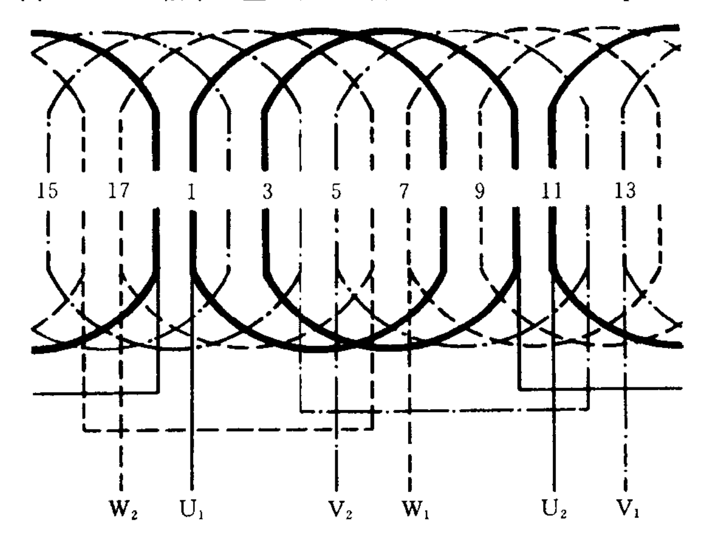


图 2-45　三相单层短等距交叉式绕组（$Z=18$，$2p=2$）

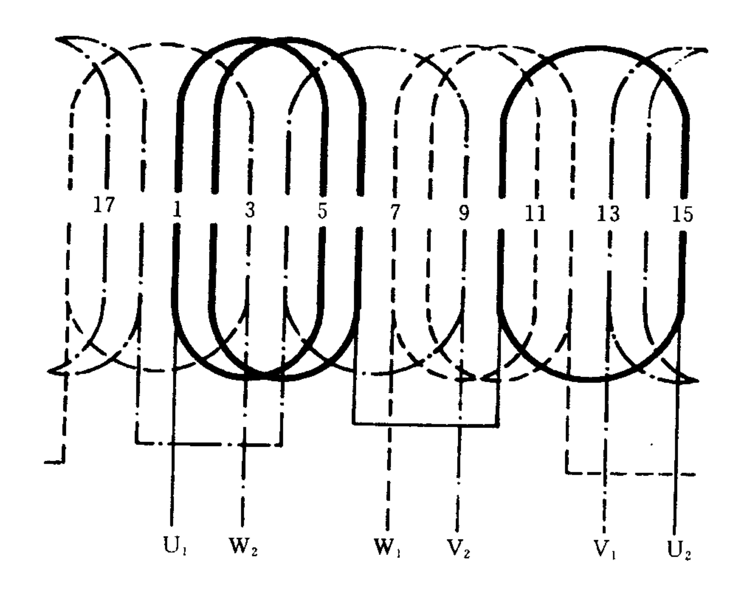


图 2-46　三相单层庶极交叉式绕组（$Z=18$，$2p=4$）

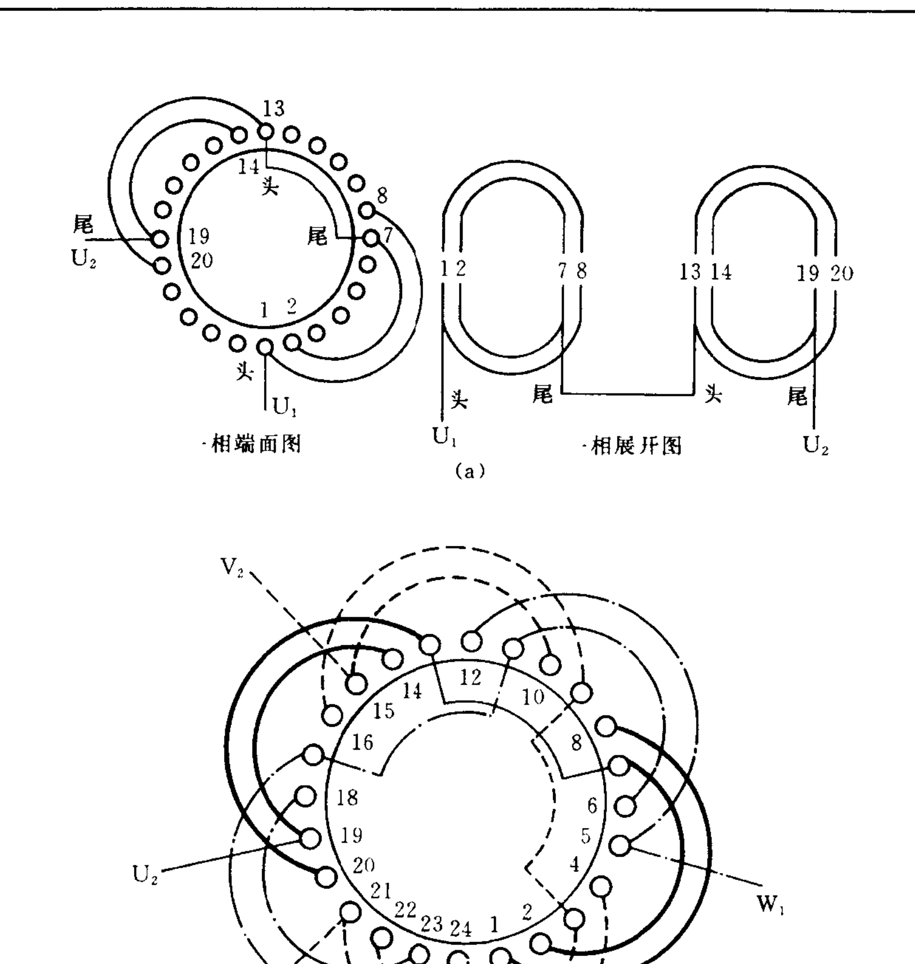


图 2-47　24 槽四极单层同心式庶极绕组

(a) 单层同心式（庶极布线）一相绕组；

(b) 三相绕组端面图

形线圈组构成的绕组，故称为同心式绕组。

同心式绕组有如下特征：

1）每组元件（线圈）数相等，且 $S\geqslant2$ 的整数。

2）同组元件由节距相差 2 槽的同心线圈组成。

3）同心式绕组采用显极布线时 q 必须是偶数。

绕组有两种实用型式：

（1）同心式庶极布线。同心式庶极绕组是采用第二种形式安排的绕组，图 2-47 是 24 槽四极单层同心式庶极绕组端面图示例。它的同相线圈组对称分布在定子上，为了获得三相进线相隔 120°电角度，若 U_1 是从沉边进线，则 V_1 应在 U_1 左侧相交邻线圈组的沉边；而 W_1 在右侧第一组沉边进线。

同心式庶极布线的特点：

1）具有较高的槽满率，但电气性能较差，而且线圈端部长而耗费线材。

2）组内线圈端部同处一平面，利于嵌线工艺的改善。

3）线圈组数少，每相由两个同心线圈组采用顺接串联而构成四极，接

线较简便，是国外应用很普遍的型式，但国内较少采用。

(2) 同心式显极布线。同心式显极绕组每联由 $S \geqslant 2$ 的同心线圈组成，但每相线圈联数与极数相等，且相邻两联线圈反折，是由第二种和第三种安排形式复合构成，属显极式绕组。图 2-48 (b) 是单层同心式显极绕组示例的端面图。为使三相进线相隔 120°电角度，U_1 应居中，V_1 在 U_1 左侧相邻的第二联沉边进线，而 W_1 则应在 U_1 右侧相邻第二联的沉边进线。图 2-48 (a) 是 U 相绕组的展开图。

单层同心式显极布线的特点：

1) 绕组采用了第三种形式安排而使端部缩短，可以节省铜线。

2) 利于采用整嵌法，改善了二极电动机嵌线的难度。

3) 槽满率较高，但电气性能较差。

4) 同相组间连接是反接串联，是二极电动机目前常用的绕组型式。

4. 三相单层同心交叉式绕组

这种型式的绕组同时具有同心（回形线圈组）和交叉（单、双圈交替）的双重特征，它是由交叉式绕组的等距双圈改成回形双圈而成。例如将图 2-43 中的 U 相改成同心交叉式即如图 2-49 所示。此型式绕组主要用于小型三相排风扇、通风机等电动机，国产新系列的二极电动机中也有应用。绕组的特点主要有：

1) 绕组是由不等距交叉式演变而来，故具有交叉式绕组和同心式绕组的特征。

2) 由于交叠联改为同心联，线圈组端部无交叠而处于同一平面，利于大节距线圈采用分层嵌线。

3) 改为同心线圈后，线圈节距增长，比交叉式要耗费铜线。

4) 绕组属显极布线，同相相邻组间接线是反接串联。

5. 三相双层叠绕组

双层叠式三相绕组安排是第四种形式。定子每槽分置两个线圈有效边，每只线圈的有效边则分别嵌入跨节距两槽的上下层，一相绕组如图 2-9 所示。但实用上为了消除高次谐波干扰，改善电动机运行性能，除采用每极相线圈分置于几个槽的分布形式之外，还利用线圈节距来削减高次谐波。因此，实用的双层叠绕组每极相槽中的上下层有效边不是如图中的对齐安排

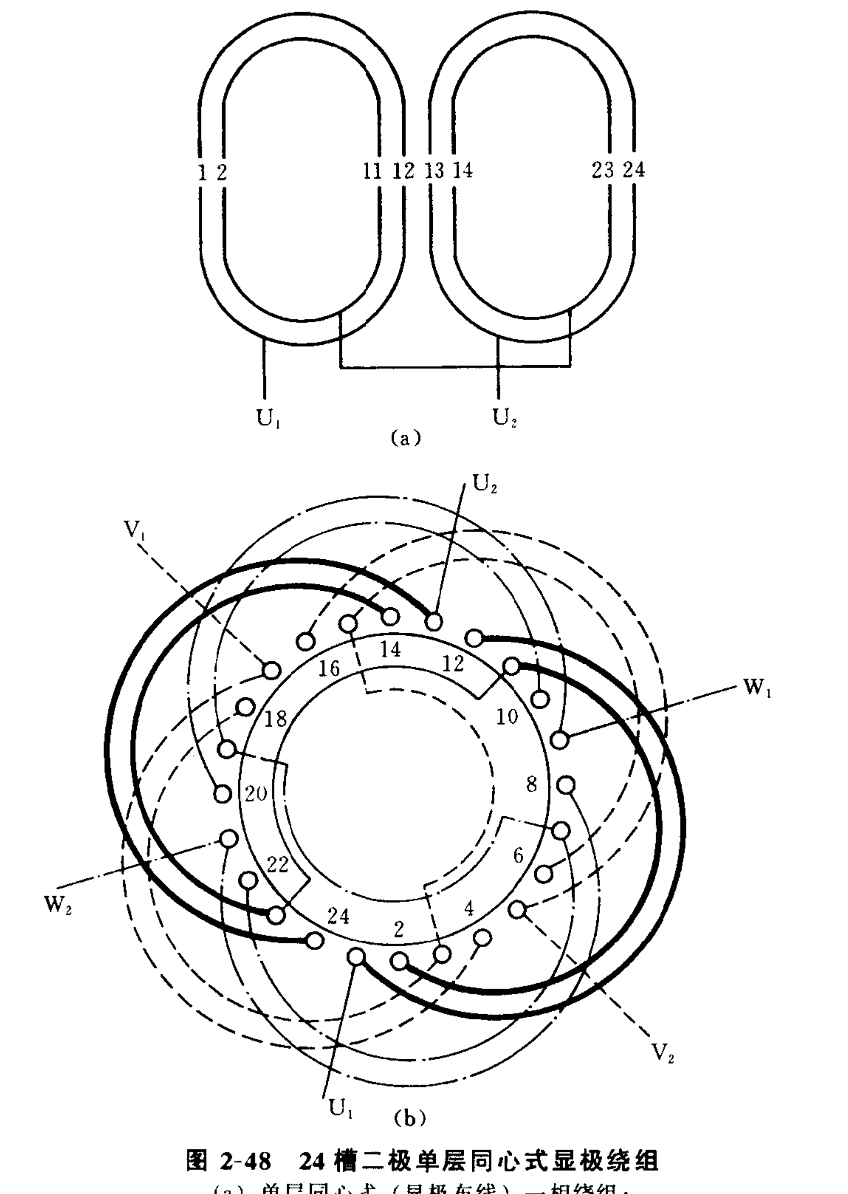


图 2-48 24 槽二极单层同心式显极绕组

(a) 单层同心式（显极布线）一相绕组；

(b) 三相绕组布接线图

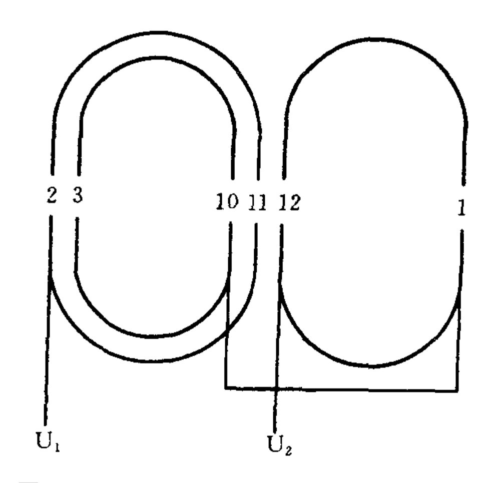


图 2-49 单层同心交叉式一相绕组示例

的，而是错开交叠如图 2-50 所示。双叠绕组有如下特点：

1）每槽嵌入分置于上、下层的两个有效边。

2）总线圈数等于槽数，比单层绕组多一倍。

3）全部线圈规格划一，便于绕制和整形。

4）线圈节距可缩短，既省铜线又能改善电动机性能。

5）双层绕组是显极式（除变极绕组外），同相相邻组间接线是反接串联。

6. 单双层混合式绕组

单双层混合式绕组简称单双层绕组，是由叠式短距绕组演变而来的一种较好的绕组型式。图 2-51（a）是三相 18 槽二极（$Y=8$）的双层短距叠绕组一相端面布线图，如保持原来槽内导体的电势和极性都不变，可把槽内同属一相的上下层有效边合并成一只单层大线圈，而原来上下层不同相的保持原样不变，再将其端部结构从交叠式改成同心式便得每组线圈具有单双层结构特征的绕组，如图 2-51（b）所示。这时大线圈是单层布线，小线圈仍保持原状，即上下层交叠布线；而大线圈的匝数是小线圈的 2 倍。

（1）单双层绕组的特点。

1）它具有双叠绕组可随意选择短节距线圈的特点，以削减 3、5、7 次

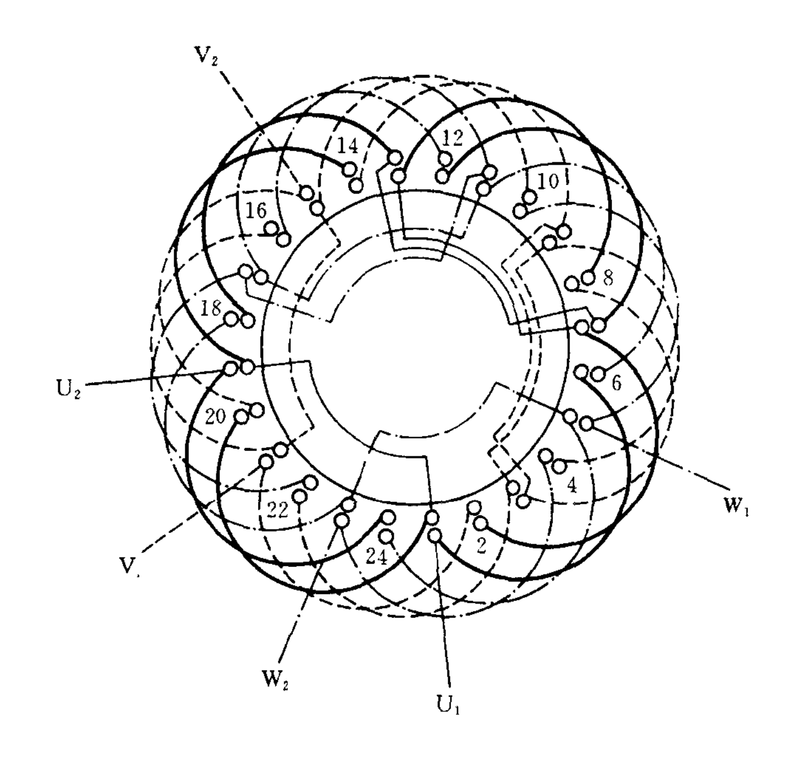


图 2 50 24 槽四极双层叠式绕组

谐波干扰而获得较好的电磁性能。

2）单双层绕组平均匝长小于相应的双层绕组，可节省铜线，降低附加损耗，提高效率。

3）线圈数较双层绕组少，且采用同心线圈，端部交叠少，嵌绕方便。

4）线圈节距不等要用多模绕制线圈，而且大小线圈分布复杂，给布接线造成一定的困难而使嵌绕耗费工时。

（2）绕组嵌线要点。单双层绕组只用交叠式嵌线，嵌线的一般规律是：先从双层线圈下层边起嵌，后退一槽嵌入大圈沉边，嵌完一组向后退空 $S_{单}$ 槽，再嵌另一组小圈下层边、大圈沉边。循此嵌线直至完成。

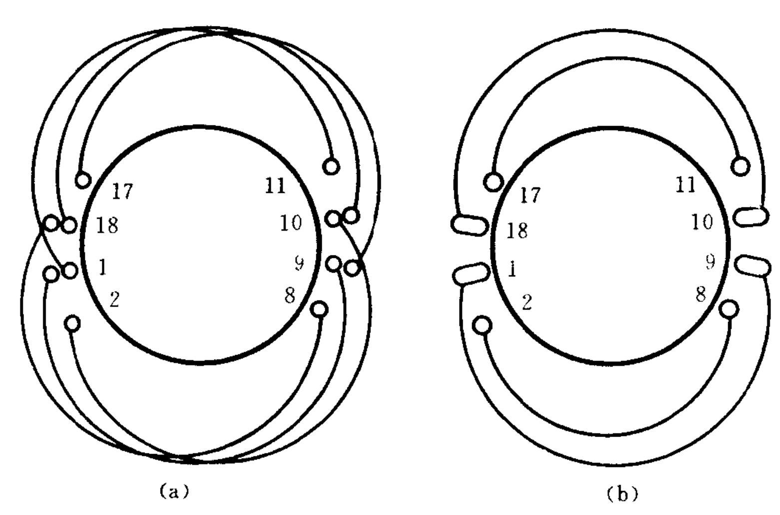


图 2 51 双层绕组与单双层绕组演变示意图

(a) 双层叠式；(b) 单双层混合式

2-11 单相专用及系列串励电动机绕组

单相串励电动机是小功率电机，极少超过 1kW，有通用系列和专用电动机两种产品从总体结构上主要是外壳不同，其定子、转子及绕组没有什么区别

单相串励电动机绕组与直流串激电动机基本相同。定子绕组是凸极式集中绕组，一般较少损坏；电枢是转子，电枢绕组仅采用单叠绕组。单叠绕组线圈元件数等于换向片数，而换向片数可与电枢槽数相等，但大多数电枢的换向片数为实槽数的 2 或 3 倍，即每只线圈由 2 或 3 个元件组成。

1. 单相串励电枢绕组主要参数

单相小型串励电动机一般都是二极电机，电枢转子有奇数槽和偶数槽。

(1) 电枢槽数与换向片数。电枢槽数有不同的含义，一般是指转子实槽数 Z，而每槽安排线圈两个有效边，即每槽占一个线圈，故绕组线圈数 Q 等于实槽数，但每线圈由 n 个元件组成，所以线圈的元件总数又等于 Zn。因电枢属双层布线，如假设每线圈仅有一元件，即 $n=1$，则每元件边占有一槽上层，通常将其称为"单元槽"（也称虚拟槽）Z_0。如果每个线圈有 n 个元件则每实槽就有 n 个单元槽，则电枢的虚拟槽数 $Z_0=Zn$。又因每个元件的两端线分别接到相邻换向片上，而每个换向片又与两个元件端线相接，因此换向片数又等于总元件数，故电枢绕组槽数与换向片数有如下关系

$$Z_t = Zn = S = K$$

式中 Z_t —— 虚拟槽数（单元槽数）；

Z —— 转子实槽数；

n —— 每槽元件数；

S —— 电枢绕组总元件数；

K —— 换向片数。

(2) 电枢绕组节距。电枢绕组表示形式有两种，一种是以实槽为单位，节距以实槽表示；另一种是以虚槽表示。

1) 实槽节距。实槽节距为

$$Y = \frac{Z}{2} - \varepsilon \text{（槽）}$$

2) 虚槽节距。虚槽节距为

$$Y = \frac{Z_0}{2} - n\varepsilon$$

式中 ε 值是为使节距槽数凑整而设。

3) 换向片节距。单叠绕组一个元件两引线必定接在相邻两换向片上，即其换向片节距

$$Y = \pm 1$$

采用"+"值时是右行绕组（较常用），选用"-"值是左行绕组。

2. 单相串励电枢绕组的构成与画法

单相串励电枢绕组与直流串激电动机基本相同，但实用上有两种画法，一种是以虚槽为单位的展开图，它便于理论分析，为教科书所常用；另一种是作者独创的端面模拟图画法，它是以实槽为单位，故电枢实物较接近，便于修理布接线参考，其画法的示例如图 2-52 所示。图中外圆表示转子铁心外径，内心部分是换向器，并以槽 1 为起始槽，线圈跨入槽 3 称跨距槽，每线圈有二元件，分别用实线和虚线表示，并接入换向片 1、2；元件尾端从跨距槽引出并对应接到换向片 2、3。

3. 单叠绕组的接法

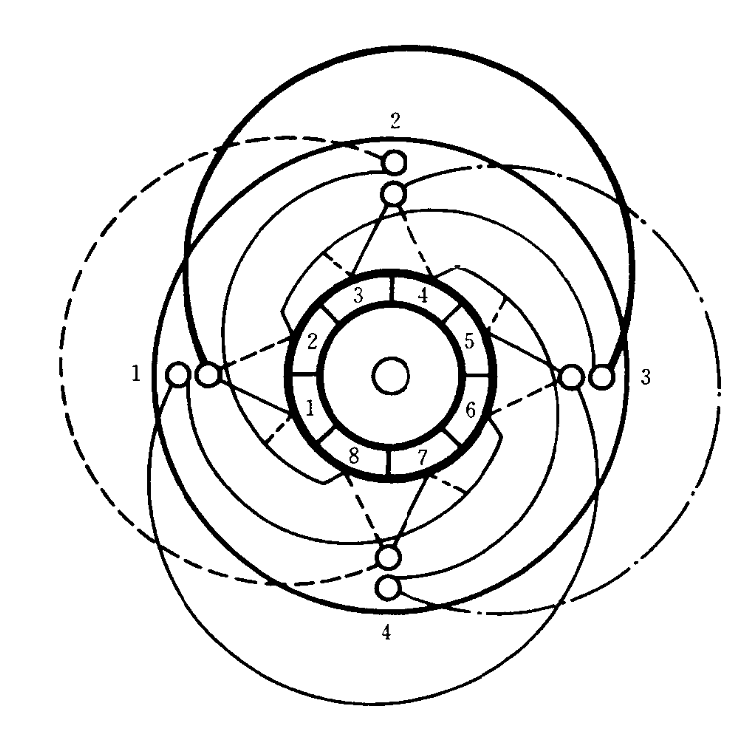


图 2-52　单相串励电枢转子绕组端面模拟图示例

（$Z=4$，$2p=2$，$Z_0=8$，$u=2$）

串励电枢单叠绕组有对称接线和不对称接线，如图 2-53 所示。但对称接线极少应用，常用的是不对称接线，但又有正对和借偏接法：

（1）单叠绕组的正对接法。单相串励电动机转子结构有两类，A 类是转子槽与换向器云母片中心线重合，B 类是转子槽与换向片中心线重合。因此，电枢元件正对也有两种情况，图 2-54 所示是两种正对的接线。图中所示是一个线圈及所跨两槽线圈元件接入换向器的情况，线圈有效边小圈内数字是所在槽号，下面是换向器的展开表示和换向片编号。若要电枢正对接线必须满足如下条件之一：

1）转子为 A 类结构（槽中心与云母片中心线重合）时，每槽元件数是偶数。

2）转子为 B 类结构（槽中心与换向片中心线重合）时，每槽元件数是

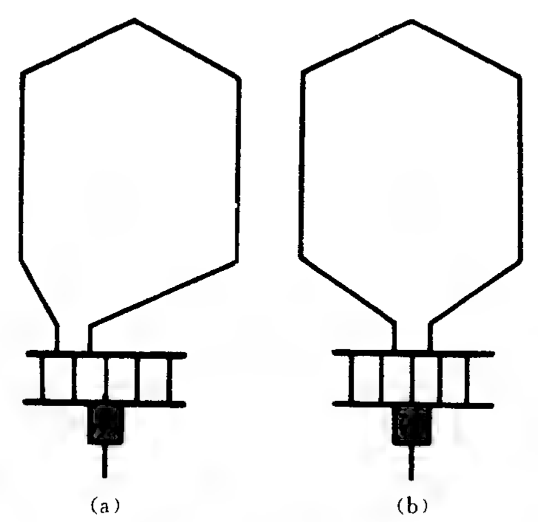


图 2 53　电枢线圈的两种布线形式

（a）不对称布线；（b）对称布线

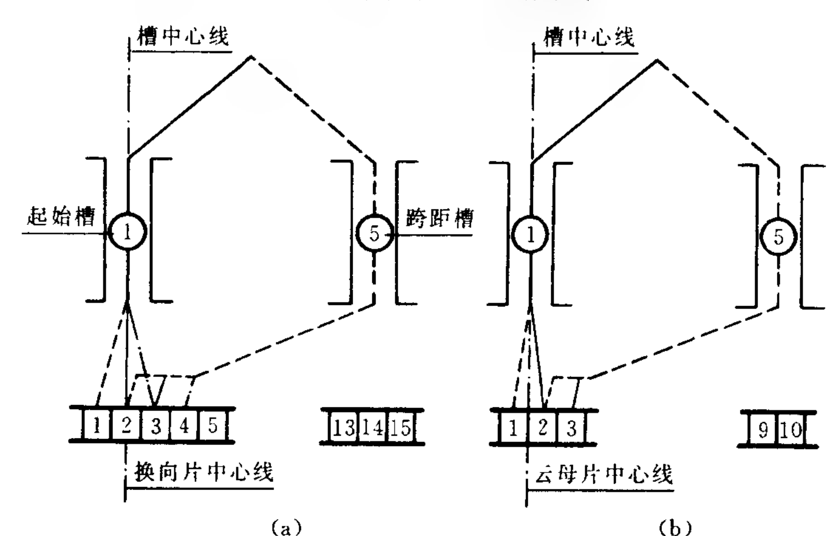


图 2-54　电枢单叠绕组的正对接线示例

（a）B 类结构（换向片与槽中心线重合）；

（b）A 类结构（云母片与槽中心线重合）

奇数。

图 2-54（a）中 $n=3$ 是奇数，转子结构为 B 类，元件 1（虚线）接片 1，元件 2（实线）接片 2，元件 3（点划线）接片 3，即此线圈三元件所接的换向片的中心线在片 2，它与槽 1 中心线重合，故属正对接线。而线圈从跨距槽 5 出来后，对应元件的尾线便分别接入片 2、3、4；而第 2 槽线圈起始边元件就分别接入片 4、5、6，如此类推进行接线。

图 2-54（b）的每槽元件数 $n=2$ 是偶数，且转子结构为 A 类，故也可构成正对接线。由图可见，起始的 n 片换向片是在（起）始槽（左侧线圈边所在槽）中心线为基准的，故称“始槽基准正对”接线；另外还有起始换向片在线圈右侧的，称为“跨距槽基准正对”接线。但是，并不是符合正对条件都是正对接线的。

（2）单叠绕组的借偏接线。单叠绕组采用正对接线并不太多，为了改善换向条件，减少整流火花，往往要将元件的接线偏移正对一定角度接入，即“借偏”接线。借偏是以正对为基准向左或向右偏移片数进行接入，如图2-55（a）中，槽中心线落在换向片 1 上，属 B 类转子结构，$n=3$，n 片中心在片 2，正对时如图 2-54（a）所示，但这时的 n 片中心向右偏离槽中心线 1 片，故此绕组是以始槽为基准向右借偏 1 片接线。图 2-54（b）则是 A 类结构，其绕组是以跨距槽为基准向右借偏 1 片半接线的示例。

4．电刷位置与绕组接线的关系

单相串励电枢绕组修理拆线时，必须做好基准槽线圈所跨入两槽元件 $2n$ 个线头接入换向器的位置记号，以便重绕修理能进行正确接线。否则，如果错接便会产生严重火花而不能正常使用甚至烧毁。从上面可知，单叠绕组接线的形式有多种，即使是同一规格的产品，也会因厂家不同而设计成不同的接线。如果重绕时实在无法找到原始记号，不妨试用下述方法粗略找出相近的接线位置进行修理，然后在试车时再进行电刷调整来适应其运行。

（1）确定槽中心线的换算基准线 $O'-n'$。

1）将电刷架固定螺丝松开，旋调到中间位置再固定好（如是固定架则不进行此项）。

2）在定子铁心两磁极之间画出对称中轴线 N－N′如图 2-56 所示，并在磁极端面刻上记号。

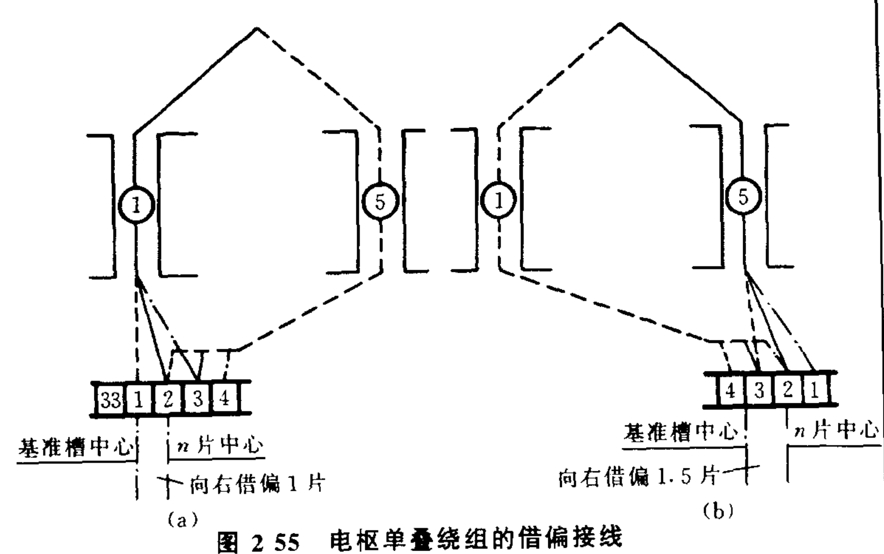


图 2-55 电枢单叠绕组的借偏接线

（a）以始槽为基准借偏示例；（b）以跨距槽为基准借偏示例

3）把转子装入定子铁心内，并任选一槽做上记号作为 1 号始槽。

4）把转子记号槽旋转，使该槽中心线与定子中轴线 N－N′重合。

5）找出最靠近记号槽那只电刷，将电刷中心线与轴心连接并延长所得便是换算基准线 $O'-n'$，如图 2-56 所示。

（2）根据转向确定 n 片接线编号。

1）可逆转电动机的接线。以 $O'-n'$线为基准，正反转电动机由图 2-57 选用相适合的示例接线。这时有四种情况：

（a）$n=3$ 且 $O'-n'$与换向片重合时，将 $O'-n'$线上的换向片编号为 2，并与 n 片中心 $n-K$ 重合，换向片编号及记号槽三元件接线如图 2-57(a)所示。

（b）$n=2$ 且 $O'-n'$与换向片重合时，将 $O'-n'$线上的换向片编号为 1，这时 n 片中心线 $n-K$ 与 $O'-n'$偏移半片，换向片编号及记号槽二元件接线如图 2-57（b）所示。

（c）$n=3$ 且 $O'-n'$与换向器的云母片重合时，将 $O'-n'$线左右侧的换向片编号为 1、2，这时 n 片中心线 $n-K$ 与 $O'-n'$偏移半片，换向片编号及记号槽线圈三元件接线如图 2-57（c）所示。

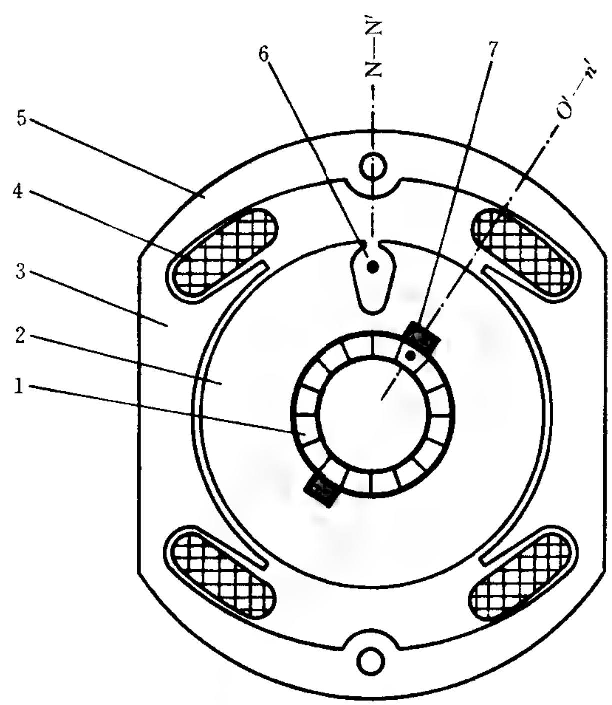


图 2-56 换向器线头焊接位置的确定方法

1—换向器；2—电枢转子；3—定子磁极；4—定子线圈；5—定子铁心；6—在两极之间中线上的记号槽；7—最靠近记号槽的电刷

(d) $n=2$ 且 O'—n' 与换向器的云母片重合时，将 O'—n' 线左侧换向片编号为1，这时 n 片中心线 n—K 与 O'—n' 重合，换向片编号及记号槽上元件接线如图 2-57 (d) 所示。

2）单向旋转工作的电动机接线。单转向电动机的电枢接线则以 O'—n' 为基准，并按以上所述四种情况，沿旋转方向借偏接入换向器，借偏的片数由下式估算

$$n_{K}=(1\sim2.6)\frac{K}{36}\ (\text{片})$$

式中 K——电枢换向片数。

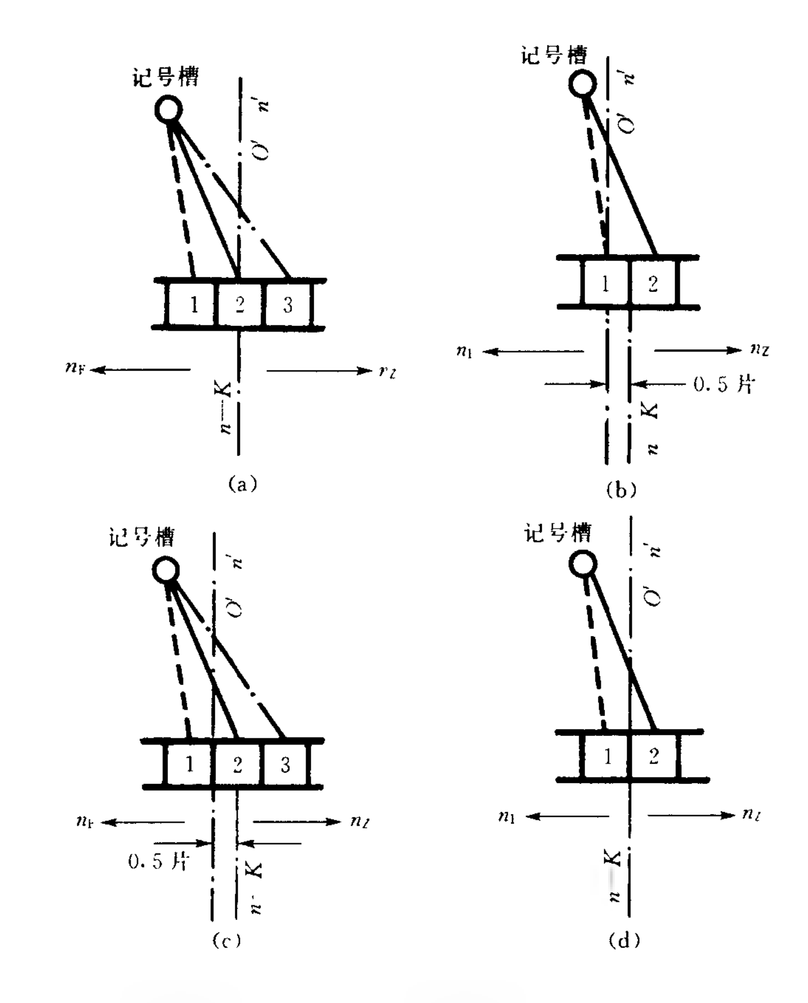


图 2-57 记号槽换算到换向器槽中心线的基准接法

(a) $n=K/Z=3$，O'—n' 与换向片重合时，正反转电枢直接线；(b) $n=K/Z=2$，O'—n' 与换向片重合时，正反转电枢借偏半片接线；(c) $n=K/Z=3$，O'—n' 与云母片重合时，正反转电枢借偏半片接线；(d) $n=K/Z=2$，O'—n' 与云母片重合时，正反转电枢直接线

(O'—n')—从记号槽换算到换向器的槽中心基准线（见图 2-56）；(n—K)—记号槽的线头接入换向片的中心线（即 n 片中心）

第三章 电动机故障检修与重绕

电动机的故障很多，但归纳起来主要分机械故障和电气故障两大类，由于篇幅所限，下面仅介绍电气原因引起的故障

3-1 电动机的电气故障与检修

电动机电气故障主要系指绕组方面损坏所引起电动机不能正常运行甚至烧毁的故障。电机绕组常见的故障有绕组断路、绕组短路和绕组接地等。

（一）绕组断路

绕组断路是绕组局部故障造成导线断裂线路断开，使电流无法通过，电动机不能起动、运行，称断路故障。

1. 造成断路故障的原因

(1) 检修电机装拆不慎使绕组端部被撞击、撬压而造成导线断开，或抽出转子时将导线拉断。

(2) 绕组接线时因操作不熟练而漏接形成断路。

(3) 绕组接头焊接工艺不良，运行中发热而脱焊造成断路。

(4) 绕组绝缘出现薄弱点，经长期运行后，隐患不断加深，最后绝缘被击穿引起故障而将导线烧断。

(5) 修理或使用过程，引出线受外力作用而拉断。

(6) 修理工艺不良，层间绝缘走偏造成层间短路而烧断。

2. 断路故障的检查方法

(1) 外观检查。断路故障有很多是发生在绕组表面的，如机械撞击或拉断导线通常都可用目视观察发现故障所在；如是电气造成的断路通常也有电弧烧灼的迹象，可从外观查出；另外还可用手轻拉动各线头、引线有无折断。

(2) 仪表检查。一般可选用摇表、欧姆表、万用表或试灯进行检查回路的通断。检查前必须彻底脱离工作电源，查清被测绕组有否并联支路，如是并联回路则要切断另一支路再检测，否则容易出现误判；如果是单相电机，用摇表或试灯检测时要将电容器卸开再进行。各种仪表的检查方法基本相同，今以万用表（$R\times1k$ 档）为例，先测量一相绕组电阻如图 3-1 所示。将表笔分别接到 O—a 两点，若表显示电阻很小表示“通”则此相无断路；若是阻值无限大表示“断”，则是断路故障，再测 O—b 段若断，再移测 O—c，如通则故障线圈是 C—b 段线圈。但还要注意确认故障点，这时可将 c 点绝缘削开长些，在接点 c 的两边检测，如 c 点左右都显示通则故障肯定是线圈；若 c 的左端通而右端不通则是此接头有假焊现象。

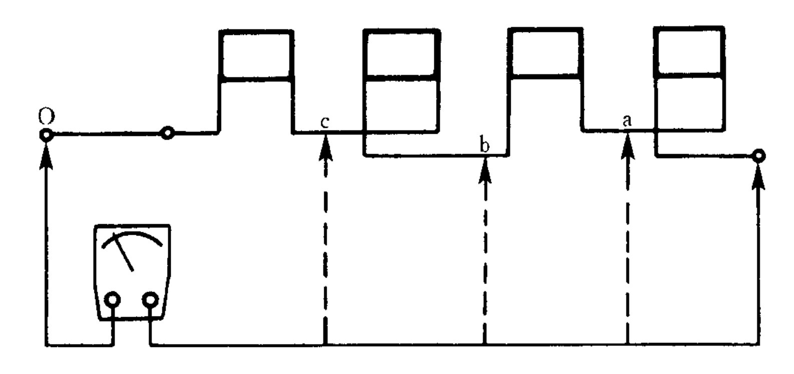


图 3-1 电阻检测查找断路故障示意图

3. 断路故障的修理

对被拉断的引线和接头假焊造成的断路，只要把断裂处的导线刮干净，连接后用锡焊牢，再套上绝缘套管，绑扎整形好后涂上绝缘漆再烘干即可。如果断路故障出现在线圈，并在表面找到断开点，则可用一段导线将其接通焊牢后包扎绝缘后，刷漆、烘干。

（二）绕组短路

绕组若有短路故障，定子磁场分布不均匀，电动机运行时振动、噪音加剧；短路点产生较大的短路电流而使线圈发热，使故障点不断恶化扩大，最终造成电机烧毁。

1. 短路故障的原因

(1) 电动机严重受潮使绝缘下降，泄漏电流增加的恶性循环引起短路。

(2) 电动机使用时间过长，绝缘老化、脆裂、炭化而发生击穿短路。

(3) 机械损伤绝缘而造成短路。

(4) 修理或重绕过程中，由于操作不熟练使线圈绝缘损坏造成短路。

2. 短路故障的检查方法

电机的短路故障有多种形式出现，但归纳起来主要有两种，一种是相间短路，它是不同相绕组之间发生错误的电气交连，如三相电动机绕组的相与相之间的短路；单相电动机主绕组与副绕组或调速绕组之间的短路；还有同槽不同相线圈边之间发生的层间短路等均属相间短路。另一种是匝间短路，它是指同相绕组内部产生的短路故障，如同一线圈内线匝间绝缘破损产生的短路，不同线圈但同相线圈之间所产生的线圈短路，以及同一槽中同相线圈产生的层间短路等都属匝间短路。

绕组短路故障检查的难度较大，特别是短路故障较轻时，检测的效果极不明显。通常采用的方法有：

(1) 外观检查。对运行过程中发生短路故障，一般都会发生电弧灼伤和冒烟的现象，拆开端盖，仔细检查通常都能找到故障部位的痕迹。

(2) 仪表检查。通常是用万用表或摇表检查，但要先断开被检两相之间的电气交连点，如三相绕组的“星点”、三角形接法的“角点”，单相电动机绕组的公共点以及电容器等，然后测量两相的引线，正常则显示不通（电阻∞），若电阻较小则说明两相间有短路故障。如果绕组匝间短路比较严重，则可用双臂电桥逐个测量线圈组的电阻，若某组电阻值比其他组小很多时说明故障所在。

(3) 短路侦探器检查。侦探器是用“H”型开口铁心（硅钢片叠成）上绕上电压线圈，将铁心脚跨在被测线圈所在槽两侧铁齿上，接通侦探器电源后把一片钢锯片放在被测线圈另一有效边所跨槽口，若此锯片发出强烈振动则说明线圈有短路。因这种侦探器体积较大，适用于定子内腔较大的电动机，对如单相电动机等小电机则无法使用。

(4) 直流压降法检查。此法适用于检查直流电机和单相串励电机的电枢绕组。检查时在换向器通过电刷接入直流电源，如图 3-2 所示，用毫伏表依次测量相邻两换向片间的电压，正常时毫伏表应有读数（如读数过小可将限流电阻 R 值调小些）；若某两片间的电压较其他降低很多或为零，则说明该两片换向片及所连接的线圈有短路故障。

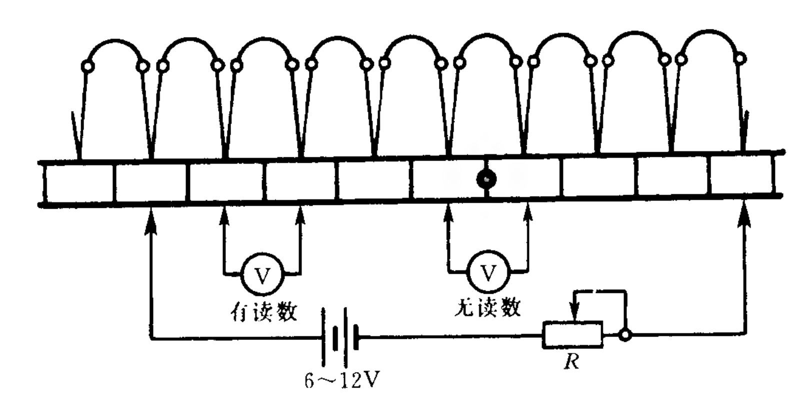


图 3-2 直流压降法查找电枢绕组短路故障

3. 短路故障的修理

由于短路故障的存在形式和部位不同，应采用相应办法进行处理。

(1) 匝间短路的修理。

1) 如果短路点是由于碰撞等机械造成的损伤引起线匝间的短路，只需把绝缘损坏的导线用较薄的绝缘衬垫包揩将短路线匝隔开，再刷上绝缘漆、烘干。

2) 如果绕组表面没有明显的短路迹象，可先将绕组端部扎线解开，进一步检查看有无黑烟留下的痕迹，如能找到可按上法处理，若找不到故障点则要进行局部修理。

(2) 相间短路的修理。如果相间短路发生在线圈端部，可将定子绕组加热到 120℃左右使线圈软化，用划线板将相间（或主、副绕组间）掰开，用 0.12～0.17mm 厚的复合绝缘纸插入将其隔开，再用 500V 摇表检查。如短

路现象消失，可将其复原、绑扎、烘热再检测一次，如正常便可浸漆、烘干。

如果仍查不到具体的短路点，或短路点在槽内就只能局部修理或重绕。

（三）接地故障的修理

绕组是由绝缘导线绕制的，导线绝缘不能承受相对地的高电压，故绕组与铁心之间要用槽绝缘隔开，一旦绝缘破裂，便容易引起导线与铁心（地）电气击穿而造成接地故障。电机绕组接地后会使机壳带电而可能导致人身触电的不安全因素；也可能引起同线路的电气设备失控；还会使绕组发热加剧而烧毁。

1. 绕组接地的原因

（1）电动机长期不用且管理不善，引起受潮、绝缘下降，一旦起用通电而泄漏过大引起对地击穿。

（2）电动机绝缘随长期运行而逐渐老化、开裂、脱落引起接地

（3）电动机轴承损坏或其他原因导致“拖底”故障，使定子铁心发热烧毁绝缘而接地。

（4）重绕电动机因操作不熟练，造成槽口绝缘破裂引起接地。

（5）电动机重绕时线模设计过长，造成碰触端盖而接地。

2. 接地故障的检查方法

接地故障一般是用摇表检查。检查时表的“E”极接地（机壳金属部分），“L”极接绕组引线，按每分钟120转速度摇转。若指示为“0”即接地，若指示无限大则良好，但很难达到此值，故通常规定新电机的绝缘电阻应高于5MΩ；对使用的电机绕组若高于0.5MΩ便视为合格，如低于此值说明绝缘下降，需作干燥处理。

各种电机绕组接地故障点的查找方法如下：

（1）凸极式定子绕组的接地故障查找。直流电机、单相串励电动机以及单相罩极式电动机的定子是凸极集中式绕组，每极只有一只励磁线圈，查找故障线圈可如图3-3所示，在串联回路的中段拆断如x-x'所示，用摇表或万用表（10k档）的检测棒一端接地，另一棒分别接x和x'，若接地故障在x'，再将3处解开，同样检测可查到接地的线圈。

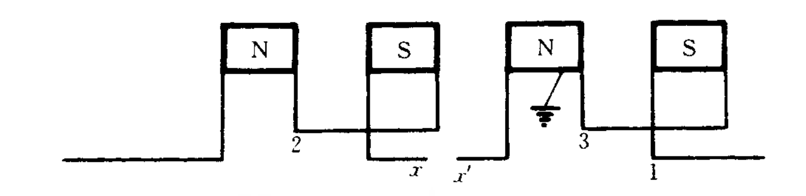


图3-3 凸极式定子绕组接地点查找方法示意图

（2）隐极式绕组的接地点查找 单相和三相异步电动机的定子绕组多属隐极式绕组，每极相组由多只线圈组成，而且采用连绕工艺，嵌入定子后无法将线圈单独分开，故一般只能查到线圈组，查找的方法同凸极式显极绕组。

（3）换向器式电枢绕组接地点查找。电枢绕组接地多发生在槽口，但也有发生在绕组端部对支架及换向器内部击穿接地的。具体的查找有如下方法：

1）试灯、摇表检查。用试灯或摇表一测棒搭铁心，另一棒接触换向器，如灯亮或电阻为零说明有接地故障，但无法找出接地点。

2）检测电位查找接地点。如图3-4所示，将电池串入可调电阻接到相距较远的换向片上，用mV表一极接地（铁心），另一极在换向片上依次检测，并向读数减少的方向移动，当表中读数下降到零时，此换向片所接的线

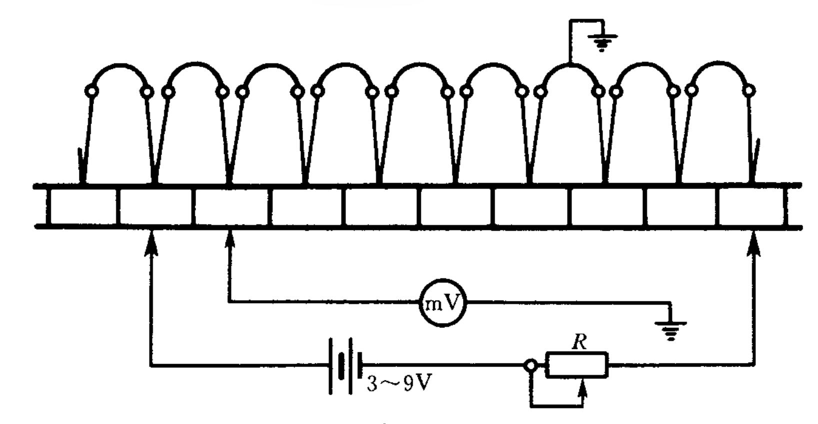


图3-4 检测电位查找电枢接地点

圈是接地点所在。

3. 绕组接地故障的修理

(1) 槽口接地的修理。绕组接地故障发生在槽口是比较多的，只要找到接地点，将绕组加热软化后，用划线板将线圈撬开使其脱离接地，并检查线匝绝缘破损情况，对露铜的线匝用薄绸布隔开，再用复合绝缘纸插入接地的槽口以加强绝缘，最后浸漆、烘干即可。

(2) 槽内接地的修理。电机绕组槽内接地也是常见的故障。如果故障电机是使用运行的小电机，一般只能重绕；若功率较大，匝数不太多时可进行局部修理（见下述）。如果是新嵌绕的电机则多是因操作不慎而划破槽纸所致，因未浸漆（半成品），可将线圈取出，包好破损线匝再更换槽绝缘，重新嵌入线圈。

(3) 端部接地的修理。绕组端部接地有两种情况，一种是线圈设计过长碰到端盖，另一种是敲喇叭口时用力过猛，使喇叭口张得过大而碰触机壳。如是重绕过程，只要将端部重新整形校正即可。若是在用电机则要将绕组加热到 120℃ 待其软化后再进行修整，并浸漆、烘干。

(4) 绕组引线接地的修理。很多时候电机的接地发生在引线上，这时可重新更换引线或对损坏不严重的引线进行包扎、刷漆、烘干即可。

(四) 电机绕组故障的局部修理

前面所用的绕组修理方法主要是绝缘加强法，其实也是一种收效较好、工作量较少的局部修理。但如果线圈损坏部位在槽内或端部下面便无法操作，就要进行更大动作的局部修理：

(1) 翻槽修理。翻槽是在查明故障线圈部位后，将电机绕组加热到 120℃ 左右，趁绕组受热软化时退出槽楔，将线匝从槽口退出，对露铜的导线进行卷包绝缘后才重新嵌回槽内。它只适用于容量较大、导线较粗、且电机运行时间较短而绕组绝缘良好的电机。这种修理法说来容易能有效实施极难，因目前所用的绝缘漆已非早期的沥青漆，其粘结强度极高，翻槽拆线相当困难，就算将线匝翻出，也是伤痕累累难以修复，成功者极渺，特别是家用的小电机，修理时可不予考虑。

(2)穿绕修理。翻槽修理对双层绕组下层边的翻起要累及一个节距内的上层边翻起，即将会危及多个原好的线圈，因此可考虑穿绕修理。它是将绕组加热后，把故障线圈的上层边槽楔退出，将坏线圈两端部扳起并剪断，再使端部导线分开理直，刮去粗糙的绝缘物，用钳子先把下层边的导线从槽底起逐根抽出，然后再从槽口将坏线圈的上层边线匝起出，在拆卸线匝时要特别注意尽量勿伤及其他线圈。完成后清理槽内杂物并用风筒吹扫干净，检查并处理好其他线圈的绝缘损伤部位。

线圈穿绕前，按原槽绝缘长度用聚酯薄膜复合绝缘纸造一个半叠圆筒插入下层槽作为新的槽绝缘，再将一个带引槽口的槽绝缘放入上层槽；把直径略粗于导线的竹签打蜡后插入下层边绝缘筒内（也可用略粗于线圈导线的铜线代替，但必须将铜线的端部用砂纸磨圆滑）。穿绕是取略长于坏线圈总匝长的新导线，从总长的中点开始穿绕。一般只对下层边实施穿绕，上层边则从槽口嵌入。穿绕时穿入导线与抽出竹签同步进行，为避免导线在槽内交叉，宜将一半导线穿入靠近上层边的上半区，而且先穿入线圈节距内侧靠槽壁的导线，绕完一半后再把另一端穿入槽底的下半区。如果新导线过长，也可以截成两段甚至三段进行操作，分别穿绕后再在线圈端部连接。如果原线圈是由双根并绕时最好改换成较粗的单线穿绕。穿绕完毕后打入槽楔再检测、接线并整形，合格后试空载正常后方能浸漆、烘干。

穿绕修理是一种较经济的修复方法，但它也只适用于容量较大、导线较粗、线圈匝数较少且绕组较新的电机采用；如果导线细则下层线匝无法抽出，线圈匝数多则操作难度大而难予实施；若绕组陈旧，即使修复好，其使用寿命短也得不偿失，故对单相的家用电机也是不适宜采用的。

(3) 局部更换新线圈。这种修理方法适用于单相电动机如电扇、吊扇、正弦绕组等采用分层整嵌布线的绕组，凸极式集中绕组以及采用整嵌法布线的同心式三相绕组等。

在单相绕组中，副绕组常称起动绕组，主要负担起动工作，常受到起动时的大电流冲击，而设计时又选取较高的电流密度，故其损坏率远远高于主绕组，为了便于修理特将其安排在主绕组之上，并在主、副绕组间用绝缘隔开。所以，一旦损坏便可在不影响主绕组的情况下将其拆除，再重新换上新的线圈组。这种修理也适用于采用整嵌法的三相绕组，但也仅局限于上层绕组损坏的修理。如故障线圈在下层，更换时将涉及全绕组而得不偿失，倒不如进行重绕。

3-2 单相异步电动机的故障与检修

电动机绕组故障及修理方法在上节已作详细的叙述。除绕组之外，电动机还有电源不正常造成的故障也有机械原因引起的故障。由于故障现象很多，原因也各不相同，即使同一原因也可能引发不同的故障表象；而同一故障表象又可能引发自不同的故障。因此，要准确地判断故障必须要对电动机的结构和运行特性等有较全面的认识和研究。本节仅就单相异步电动机修理和运行的故障、原因及修理方法列于表3-1，以供参考。

表3-1　单相异步电动机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	电压正常，但电动机不能起动	（1）起动开关或起动继电器损坏 （2）电动机端盖装配不到位并偏斜将轴咬死 （3）副绕组有断路故障 （4）主绕组有短路、接地或断路故障 （5）起动电容器短路或断路 （6）电容器漏电、失效 （7）定、转子铁心拖底 （8）轴承严重损坏或锈蚀 （9）负载严重超载	（1）检查开关及触头并进行修理或更换 （2）检查并将端盖敲正，再拧紧螺丝 （3）参考3-1节修理 （4）参考3-1节查找原因并进行修理 （5）用万用表$R\times1k$档测电容两极，如表针不动说明电容器断路；若表针指零不返回说明电容器已短路，均需更换新电容器 （6）用万用表$R\times1k$档测电容两极，表针摆动后迅速回∞，反向再测也能如上则电容器可用；若返回时间过长或返回电阻低于500kΩ则电容失效，应更换 （7）检查轴承是否损坏及转轴是否弯曲并酌情更换轴承及转轴 （8）拆卸检查更换轴承 （9）减轻负载或换用大功率电机
2	起动困难	（1）电容器漏电严重 （2）定子槽楔突出与转子摩擦 （3）负载过重 （4）副绕组有较轻的短路或接地故障	（1）检查方法见序号1（6）项，如是则更换电容器 （2）卸开检查削平槽楔 （3）减轻负载 （4）参考3-1节进行检查修理
3	负载不能起动，空载偶尔能起动，但在外力帮助能起动	（1）电容器断路 （2）分相电动机起动开关触点开断 （3）副绕组断路故障 （4）罩极电动机的罩极绕组开路	（1）检查电容器及线路是否开断，如电容器本身开断则更换电容器 （2）检查修理或更换开关 （3）参考3-1节检查修理 （4）检修或重绕罩极绕组
4	电机起动后转速达不到额定值	（1）电源电压过低 （2）主、副绕组有局部相间短路 （3）起动型单相电动机的起动开关触点粘结、副绕组运行时无脱离电源 （4）主绕组有局部接地或短路故障 （5）主绕组重绕时有局部接错 （6）定、转子铁心有轻微相擦 （7）滑动轴承缺油发热	（1）电源故障排除后再使用 （2）参考3-1节修理 （3）检修起动开关 （4）按3-1节方法检修 （5）拆卸解体重新检查绕组接线并改正 （6）检查轴承是否损坏及转子轴弯并校正或换轴 （7）轴承清洗加油
5	电源正常但电动机时转时不转	（1）电路接触不良 （2）主、副绕组接头有脱焊或氧化点	（1）检查保险丝触点、开关连接柱、各线头连接点及电容器引线是否有脱焊、氧化及螺丝松脱等现象，并对出现不正常现象进行排除 （2）检查并将接头清理重焊
6	接通电源后熔丝烧断	（1）绕组靠近相线端接地 （2）电机引出线短路、接地 （3）插头螺丝松脱后碰线 （4）主、副绕组有严重短路现象	（1）参考3-1节检查接地点并排除 （2）检查电机引出线并包扎绝缘 （3）拆开插头检查并更换插头重新接好再用 （4）参考3-1节检修

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
7	电机负载运行温升过高	（1）主、副绕组有相间短路 （2）主绕组有匝间短路 （3）主、副绕组倒错 （4）过载运行 （5）电源电压过高 （6）起动开关粘结使副绕组长时通电 （7）轴承内外圈配合过盈 （8）转子有拖底故障	（1）按3-1节方法检修 （2）参考3-1节检查修理 （3）检查绕组引线重新接线 （4）调整减轻负载 （5）检查并调整电源电压至额定值 （6）检修开关触头 （7）拆卸检查轴承应转动灵活并有惯性、如过紧应退出测量配合公差，内孔应用过渡配合，外圈应为滑动配合 （8）检查轴承及轴弯并校正或换轴承
8	运行噪声过大	（1）轴承故障，如磨损超限，轴承定位圈断裂、轴承内有杂物、轴承缺油等 （2）定子槽绝缘或槽楔过高 （3）转子动平衡不好 （4）转子轴向窜动过大 （5）风罩开裂或螺丝松脱 （6）电机风扇叶片松动 （7）绕组局部有故障如短路反接等 （8）转子笼条断裂松动 （9）铁心硅钢片松动	（1）检查确认并更换轴承 （2）拆卸检查、修整过高的槽楔和绝缘物 （3）重调转子动平衡 （4）检查是否漏装波形防震圈 （5）如螺丝松脱拧紧即可，若风罩损坏则修理或更换 （6）将叶片铆紧、修理 （7）参考3-1节检查修理 （8）重铸修理或更换新转子 （9）对个别松动的硅钢片可用环氧树脂粘贴
9	电源接通后电机刚起动便被吸住并有嗡声	（1）含油（滑动）轴承磨损、偏心 （2）含油轴承定位固定罩松脱 （3）端盖轴承室磨损偏心 （4）滚珠轴承定位罩脱落，滚珠散乱 （5）电机转子轴弯	（1）更换新轴承 （2）调整后拧紧定位罩螺丝 （3）将轴承室车圆再镶套 （4）更换轴承 （5）转子轴校正或换轴

3-3 吊扇电动机的故障与检修

吊扇发生故障除机头（即电动机）部位，还包括其他如调速器、扇叶等附属零部件，故障则包括绕组、轴承、控制线路及安装工艺等。吊扇电动机结构虽有别于其他电动机，但故障类型则基本类似，读者可触类旁通，互相参照。下面就一些典型部件的检修问题作专门的讨论

1. 电容器的检查

吊扇属电容运转电动机，其电容器既负担副绕组起动移相，也参与长期通电运行，其电容量一般较小，通常用1～3μF左右，电容器一般安装在下吊罩内。电容器拆卸前应先把电源断开，将插头拔下，再用螺丝起子将电容器两极短接以放掉残余电能才动手。

电容器好坏的检查是通过充放电特性，用万用表$R\times1k$或$R\times10k$档检测。将万用表测笔分别触搭电容器两极，看表针摆动：

（1）表针向“0”方向大幅摆动后片刻，会先快后慢回摆到较大电阻值（一般约几百千欧以上）；然后调反表笔再测亦然，则说明此电容器正常。

（2）如果回摆不多，在200kΩ以前就停止，说明此电容器泄漏过大，质量下降，应酌情更换。

（3）要是检测电容器时表针不摆动，确认万用表工作正常后再反向检测电容器，依然不动作，说明此电容器已断路，不能使用。

（4）如表针摆动后停在“0”位，再不返回，则电容器已短路，不能使用。

（5）若是检测时表针摆动很小，再将万用表转换到10k档反向再测，依然摆动很小则说明此电容器充电能力极差，即电容器已失效，也不宜使用。

2. 电容器的选择

单相异步电动机的电容器是副绕组的移相元件，对起动型电动机只在起动过程接入电路，为了尽可能大地获得较大的起动转矩，常用10～150μF的大电容量且价格低的电解电容器；对运行型电动机，如吊扇、电扇、洗衣机等家电则考虑电容器是长期接入电路，除考虑起动转矩外，还要保证运行

性能，故选用的电容器一般都在10μF以下，而且还要求选用质量可靠的纸介或油浸纸介电容器。在检修更换电容器时电容量的变化将对电机性能有影响，如增大电容量可使起动转矩增大，而导致电容器两端电压增大，且运行性能有所降低；若减小电容量则可使电容器两端电压下降，但起动电流也随之减少。

3. 电容器的代换

电动机的电容器损坏或失效必须更换，更换时除电容量外还需考虑耐压，如电容器耐压较原来小则工作中容易击穿，但也不宜超过太多，如换用的电容器耐压过高则宜串联使用；若过低则要并联起来代换。

4. 吊扇的轴承更换

吊扇的轴承同时承受径向和轴向负载，轴承损坏后轻者可能引发噪音，严重时将导致停转甚至烧毁绕组。因此，检修吊扇应对轴承进行清洗检查，如有滚珠、滚道磨损，转动有杂音及不灵活而有停滞现象的，均应予以更换新轴承。新轴承安装之前也要进行上述检查并查对型号，轴承型号刻注在轴承外圈侧面，如型号不清可参照表3-2基本尺寸查对再用。

表3-2　吊扇及家用电机常用滚动轴承型号与基本尺寸表

轴承型号	主要尺寸（mm）				极限转数（r/min）	允许静负荷（N）
	d（内径）	D（外径）	b（宽度）	r（圆角）		
201	12	32	11	1	16000	3400
202	15	35	1.	1		
203	17	40	12	1	16000	4200
204	20	47	14	1.5	-	6000
205	25	52	15	1.5	13000	7000

此外有的吊扇上轴承采用180000系列的带防尘罩的优质轴承，更换的新轴承免予清洗。

本节还将吊扇运行及维修中常见故障，就其原因及修理意见汇列于表3-3，以供维修时参考。

表3-3　吊扇电动机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	通电后吊扇不转	（1）调速器触点接触不良 （2）调速器到吊扇的线路开断 （3）电容器断路 （4）电容器短路 （5）电动机装配不良 （6）主、副绕组断路	（1）检修调速器清洗并调整触点 （2）检修线路及检查接头 （3）检查确认后更换新电容器 （4）检查确认后更换新电容器 （5）如装配不正可进行调整，若但转动困难则可能是轴承安装不到位，要拆开调整到位 （6）按3.1节方法检修
2	吊扇"1"档（快速）不能起动换至"2"、"3"档才转	（1）调速器档位接反，即误把慢速接成快速 （2）"1"档开关接触不良	（1）检查调速器确认后改正接线 （2）检修调速调速器换档触点
3	不能调速（只有一种转速运行）	（1）调速器短路故障 （2）调速器动触点脱落 （3）电子调速器电位器损坏	（1）检修或更换调速器 （2）检修调速器开关 （3）检修更换电位器
4	运行温升过高	（1）主、副绕组有短路或接地故障 （2）主、副绕组倒错接线（即将副绕组当作主绕组接线） （3）定、转子铁心有"拖底"现象 （4）转子断条 （5）轴承油干涸 （6）定、转子铁心表面长锈	（1）参考3.1节进行检修 （2）检查确认后改正接线 （3）检查如确认则再检查轴承是否过度磨损或损坏，如是则更换轴承；如轴承室磨损则垫铜片或焊锡处理 （4）重铸转子或更换转子 （5）清洗检查轴承并加润滑油 （6）拆卸清除锈蚀

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
5	外壳带电	(1) 绕组接地 (2) 绕组引线破损 (3) 绕组绝缘老化，泄漏电流增加 (4) 绕组严重受潮 (5) 电容器漏电或接地	(1) 参考3-1节检查处理 (2) 包扎绝缘或更换引线 (3) 烘干浸漆或重绕 (4) 烘干浸漆 (5) 检查确认后更换新电容器
6	绕组冒烟	(1) 绕组绝缘被击穿碰壳 (2) 绕组电源引线被击穿碰壳 (3) 主、副绕组相间突然击穿 (4) 绕组严重受潮而长期使用	(1) 按3-1节接地故障修理 (2) 包扎绝缘或更换电源线 (3) 参考3-1节相间短路故障修理 (4) 重绕修理
7	运行噪声过大	(1) 轴承严重缺油 (2) 个别线圈短路引起磁拉力不平衡 (3) 轴承质量不好，试转时响声较大且有阻滞现象 (4) 轴承室与轴承外圈配合过松或磨损过甚 (5) 扇叶铆钉或固定螺丝旋松 (6) 吊扇叶变形	(1) 检修加油 (2) 检修并按3-1节查找故障线圈再进行局部修理 (3) 更换质量合格的新轴承 (4) 衬垫铜片或焊锡处理 (5) 将吊扇叶卸下铆紧及拧紧固定螺丝 (6) 参考1-4节对扇叶进行调校
8	吊扇运行时晃动较大	(1) 扇叶不配套 (2) 扇叶扭曲变形 (3) 扇叶安装螺丝未上紧 (4) 扇叶安装时垫片厚薄不一	(1) 找回原配套扇叶使用 (2) 参考1-4节有关内容进行调整校正 (3) 检查并拧紧螺丝 (4) 调整垫片使各扇叶处于同一平面空间位置

3-4　单相家用电扇的故障与检修

电风扇是一种耐用的家电产品，但若产品质量不良，或使用日久又缺少必要的维护保养，也会出现一些故障，且其表现形式也较复杂，如同一表象可能产生不同的故障；反之，同一故障又可能呈现不同的表象。因此，对发生的故障必须具体分析、认真检查，并有针对性地进行修理。其中绕组故障与一般电机也大致相同，检查和修理方法可参考3-1节进行。但电扇是家用电器，除电动机外还有其他相关联的机构，其工作与其附属部件如琴键开关、风扇叶、摇头机构等有着直接或间接的关联，故其故障形式就更复杂一些。表3-4所列是家用电扇的故障现象、原因及修理方法，供修理时参考。

表3-4　　单相家用电扇故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	琴键开关按下电扇不转	(1) 插头引线脱落或接触不良 (2) 插头与插座接触不良 (3) 琴键开关接触不良或导线脱落 (4) 风扇电源引线断路故障 (5) 电容器短路或开断 (6) 副绕组断路故障 (7) 定、转子铁心严重拖底 (8) 主绕组断路 (9) 检修装配质量太差致使转子被“扎死”	(1) 拆开插头接好线头 (2) 更换插座或检修调整插座触点 (3) 检修琴键开关 (4) 用万用表检测，如线圈开断则更换 (5) 参考上节检查电容器，酌情更换新件 (6) 按3-1节介绍检查修理 (7) 参考3-1节检修 (8) 参考3-1节检查修理 (9) 拆开检查转轴有否“扎弯”，如轴弯要校正后才能用，如无异常则重新正确装配

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
2	通电后起动困难，时转时不转	(1) 电源插头接触不良 (2) 电源引线的铜心断路时通时不通 (3) 连接点虚焊 (4) 开关触点太脏造成接触不良 (5) 轴承缺油并有杂物 (6) 检修装配质量不理想，转动不灵 (7) 摇头机构配合过紧 (8) 电容器漏电 (9) 定、转子有较微的拖底现象	(1) 检修插头和插座触点 (2) 更换电源引线 (3) 分别检查开关、电容器、主、副绕组各接点焊接质量并重新清理焊牢 (4) 清洗并打磨开关触点，再作适当的调整 (5) 清洗加油 (6) 重新调整，正确装配 (7) 修理调整摇头机构 (8) 更换电容器 (9) 检查轴弯及轴承并调校或更换，重新装配
3	按下琴键"1"档正常，但"2"、"3"档不转	(1) 调速电抗器断路 (2) T-1W 或 T-2W 抽头调速绕组断路	(1) 检修或重绕电抗线圈 (2) 检修或重绕调速绕组
4	按下琴键开关"1"档正常、"2"档不转，"3"档又正常	(1) 第"2"档引线断路 (2) 电机调速"2"档引线脱焊 (3) 琴键开关接触不良，弹簧片失灵	(1) 打开底板检查并焊牢 (2) 检查并拆卸电机修复 (3) 检修琴键开关
5	运行正常，但慢速档起动困难	(1) 电容器泄漏大、容量下降 (2) 非含油轴承严重缺油 (3) 机尾箱严重缺油 (4) 转子笼条断裂	(1) 更换新电容器 (2) 加油或更换含油轴承 (3) 清洗机尾齿轮箱，添加润滑油 (4) 重铸或更换转子

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
6	每次起动均发出"的"声，运转正常	风扇叶与叶根法兰盘的铆接处不紧密，存在扭动间隙	卸下风扇叶重新铆紧
7	运行时风叶有异响	(1) 风叶法兰与轴的配合过松，且固定螺丝松动 (2) 转子轴向间隙过大 (3) 定子与转子轴向位移过大 (4) 轴承磨损，径向间隙过大 (5) 三片扇叶空间不对称发出风刮呼声	(1) 旋紧固定螺丝，必要时重配风叶法兰 (2) 卸下转子适当增加垫圈厚度 (3) 拆下转子调整垫圈或调整转子铁心与轴的装配位置，使定转子铁心对齐 (4) 更换轴承 (5) 参考 1.3 节检修调整扇叶
8	风扇机头运行噪声过大	(1) 轴承磨损缺油 (2) 转子动平衡失衡 (3) 轴承梅花压罩螺丝松动 (4) 定、转子铁心有轻微拖底 (5) 转子轴向错位产生电磁声 (6) 定、转子间有杂物或绝缘纸突出 (7) 转子斜槽加工工艺不良，引起高次谐波噪音	(1) 更换含油轴承 (2) 拆出转子，在平衡机上调整动平衡 (3) 拆卸端盖拧紧螺丝 (4) 检查轴承、轴弯并酌情校正或更换 (5) 将转子铁心与定子铁心装配对称 (6) 清除杂物及修整高出的绝缘纸 (7) 调整定转子轴向位置及使间隙均匀
9	运转时机头尾部有异响	(1) 转子轴蜗轮啮合不良引起嚓嚓声 (2) 转子轴窜过大而撞击油箱	(1) 打开机尾油箱盖，用细砂纸嵌入蜗轮杆齿内，开机运转片刻，砂光糙面 (2) 增加转子轴的垫片，限制轴窜

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
10	电扇运转时有明显的振动并伴随噪声	(1) 扇叶受外力造成角度改变 (2) 新扇叶整形后存在内应力，运转一段时间后产生复位性变形 (3) 叶根法兰扭曲变形 (4) 扇叶与法兰铆钉松动 (5) 扇叶法兰与轴配合间隙过大 (6) 叶片重量不平衡 (7) 轴承过度磨损 (8) 轴承的梅花压罩螺丝松脱 (9) 扇叶法兰的定位螺丝过长，头太大 (10) 风扇轴的伸出部分弯曲 (11) 罩极式电扇的短路环断裂	(1) 参考1-3节进行校正 (2) 参考1-3节校正并调整 (3) 由钳工校正 (4) 重新铆紧 (5) 拆下叶片更换法兰或衬垫铜片配装 (6) 作平衡试验并校正调整 (7) 更换含油轴承 (8) 拆开端盖拧紧螺丝 (9) 更换适合的半圆头螺丝 (10) 由车床或钳工调整校正 (11) 更换或用气焊焊好短路环
11	停机后定时器仍有响声	定时器是钟表结构，是依靠发条走时的，要走完所上发条才停止走动，如果未走完所调定的时间就人为地关断电源，定时器则带动齿轮继续行走，至调定时间才停下来	属正常现象，无需修理
12	转子转动灵活，但通电后反而转不动	轴承梅花压罩螺丝松动，定、转子间隙严重不均，通电后受单边磁拉力作用致使铁心摩擦而不能转动	调整好定转子气隙再紧固压罩螺丝

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
13	电扇转速较正常时速度明显变慢	(1) 电源电压过低 (2) 电容器损坏 (3) 电容器错接到主绕组 (4) 轴承配合间隙偏小又缺油运转一段时间后发热而压迫转轴，使摩擦力增加而速度变慢甚至停转 (5) 转子与定子偏心或中心线交叉 (6) 转子铁心与轴配合出现间隙而转动产生转差 (7) 电机绕组有局部或匝间短路 (8) 重绕电机有个别线圈极性接反 (9) 重绕数据有错，线圈匝数过多或导线直径过细 (10) 罩极电动机极与极之间的瓦形分磁片漏装	(1) 检查原因，与供电部门协商提高电压到额定值 (2) 更换电容器 (3) 将电容器正确接回副绕组 (4) 注意及时注油 (5) 调整端盖及轴承使转子工作于定子中心线上 (6) 重新配轴或把轴滚花后装配使用 (7) 参考3-1节进行检修 (8) 拆开检查改正接线 (9) 检查确认后重绕 (10) 卸开补装分磁片
14	换档调速不明显	(1) 调速抽头不合理 (2) 调速电抗器线圈抽头不当 (3) 调速绕组有短路故障 (4) 调速绕组引出线接触不良 (5) 调速开关触点接触不良	(1) 调整绕组或重新设计重绕 (2) 重新抽头或重绕 (3) 重绕调速绕组（电机局部修理） (4) 找出故障点重新焊牢 (5) 检修或更换开关
15	慢档转速过快	(1) 电源电压过高，调速的压降被过压回补 (2) 调速电抗器匝数过小 (3) 调速抽头匝数过少 (4) 慢档匝数太少或有短路 (5) 重绕电抗器插片时弃片过多	(1) 查明原因与供电部门协商调整电压至额定值 (2) 查对匝数后加绕匝数或重绕线圈 (3) 增绕慢档匝数 (4) 查明原因加绕或重绕 (5) 所有弃片必须插上

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
16	调速失灵	(1)调速开关触点簧片变形、触点错位 (2)调速开关档位接线调乱 (3)调速电抗器线圈有短路、接地 (4)调速绕组短路或接地 (5)调速开关绝缘恶化或炭化接地	(1)检修开关调正簧片 (2)查对引线重新焊接 (3)重绕电抗线圈 (4)按3-1节检修电机绕组 (5)更换调速开关
17	电扇机头冒烟、窜火	(1)绕组绝缘击穿接地 (2)主、副、调绕组有相间短路故障 (3)电源进线刮破碰壳	(1)参考3.1节找出接地点，包好绝缘 (2)参考3.1节进行修理 (3)找出碰壳导线进行包扎绝缘
18	台扇底盘窜火	(1)换档开关损坏造成换档短路 (2)电源引线绝缘破损引起短路 (3)换档开关绝缘下降击穿接地 (4)电容器短路爆炸	(1)更换新开关 (2)更换引线并清理底盘 (3)更换开关 (4)清洗内部及更换新电容器
19	电容电扇运转不正常，有时倒转，有时不能起动	(1)电容器临介击穿 (2)副绕组临介开路 (3)调速绕组有线圈接反 (4)开关接触不良	(1)更换新电容器 (2)局部修理或重绕 (3)查实重接 (4)检修或更换开关
20	检修后电扇反转	(1)主、副绕组线头接错 (2)罩极电扇定子铁心反装	(1)参考2-4节改正接线 (2)将定子铁心退出机座后反向装入

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
21	电扇外壳带电	(1)电源线老化、破裂碰壳 (2)电机绕组受潮泄漏过大 (3)绕组绝缘对壳击穿 (4)电抗器绕组击穿碰壳 (5)台扇底盘或落地扇控制盒内有导线脱落碰壳 (6)外壳金属部分未接地 (7)电扇的带电元器件积尘、潮湿或破损形成接地故障	(1)更换电源线 (2)烘干合格后浸漆处理 (3)参考3.1节检修 (4)重绕电抗绕组 (5)检查底盘或控制盒找出故障点并复原接线 (6)用三极插座接入地线 (7)清除积尘并用电吹风吹净烘干，对破损处进行绝缘修补
22	电扇机头发热烫手	(1)电源电压异常(过高或过低) (2)电机绕组绝缘老化、受潮使泄漏电流增加 (3)绕组有匝间短路故障 (4)电机绕组积尘过多或冷却风道阻塞造成散热困难 (5)转子笼条断裂 (6)定子绕组有局部接错 (7)电动机装配过紧，转子转动不灵活 (8)轴承严重缺油发热 (9)管形滑动轴承外径配合过盈 (10)轴承与轴的配合过紧 (11)轴向间隙过小，一旦热胀压迫而摩擦发热并增加电机负载再加热 (12)轴承齿轮箱润滑油过满 (13)机尾箱蜗轮对啮合过紧 (14)摇头机构不灵活	(1)排除电源故障恢复额定电压供电 (2)烘干后重新浸漆处理或重绕 (3)参照3.1节检查处理 (4)清扫灰尘及杂物，恢复正常散热功能 (5)重铸或更换转子 (6)拆开定子绑扎线，仔细检查找出误接并改正 (7)调整或重新装配电动机，使手捻转轴能灵活转动 (8)及时添加润滑油或更换含油轴承 (9)用砂纸打磨轴承外径 (10)绞孔调整公差配合 (11)调整轴向窜动间隙至0.5～1mm (12)减少润滑油量，使油量至3/4容积即可 (13)调整啮合工作状态，使其灵活传动 (14)检修及调整摇头机构

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
23	定时器故障	(1) 定时器主轴磨损或安装尺寸超差造成定时不准 (2) 定时器触片接触不良造成定时失灵，时走时不走 (3) 定时器断路引起电扇停转 (4) 定时器齿轮损坏致使走时不准 (5) 发条断裂或松脱引起不能定时 (6) 润滑油干涸走时不准 (7) 旋钮与面板或旋钮孔磨损、接触顶丝脱落导致走时不准	(1) 检修或更换定时器主轴，修正误差 (2) 检修并调整定时器触点 (3) 检查断开点接通或调整复位 (4) 修复更换齿轮或更换定时器 (5) 更换配装发条 (6) 清洗并加注适量润滑油 (7) 调整间隙、扩孔重新紧固
24	琴键开关失灵不搭扣或失去调速作用	(1) 弹簧片移位引起动作失灵 (2) 导电弹簧片变形 (3) 导电线接触不良或脱焊	(1) 检修琴键开关 (2) 检修开关调整弹簧片 (3) 重新焊牢
25	琴键失灵，可同时扣住两档琴键	(1) 自锁片脱落或搭扣机构失去作用 (2) 开关部件长锈，动作阻滞失灵 (3) 复位弹簧失效，无力复位	(1) 检修调整或更换开关 (2) 清洗检修琴键开关 (3) 更换弹簧

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
26	滑板式（拉线式）摇头控制台扇不摇头	(1) 摇头拉线调整不当或脱落 (2) 离合器弹簧断裂或失效 (3) 过载器弹簧夹变形、弹力不足 (4) 过载器弹簧夹的滚珠脱落 (5) 配用的滚珠过小被定位孔卡住 (6) 软轴钢丝（拉线）两头套筒夹紧的螺丝松动位移 (7) 紧定螺丝调整失当、过紧 (8) 离合器齿扣磨损打滑 (9) 离合器拨钩过长卡住离合器上齿	(1) 重新配装、调整 (2) 更换弹簧 (3) 将弹簧夹拆下向内弯曲矫正或更换新件 (4) 重新配装滚珠 (5) 配装稍大的滚珠 (6) 重新调整并拧紧螺丝 (7) 适当调整放松 (8) 更换离合器 (9) 修整拨钩
27	揿拔式摇头机构台扇不摇头	(1) 过载器弹簧夹断裂 (2) 过载器弹簧夹失效变形 (3) 摇头齿杆滚球凹陷过浅，滚珠滑出 (4) 过载器滚珠脱落	(1) 更换弹簧夹 (2) 将弹簧夹向内弯曲矫正增大弹力或更换弹簧夹 (3) 稍将凹陷钻深少许 (4) 重新配装滚珠
28	控制机构外造成的电扇不摇头	(1) 齿轮对的齿磨损或崩齿 (2) 大齿轮定位螺丝松动或轴销脱出造成大齿轮脱落 (3) 摇摆偏心轮脱落 (4) 遥头连杆脱落	(1) 更换损坏的齿轮 (2) 重新装配并拧紧定位螺丝 (3) 装回偏心轮并加垫圈后穿入销子固定好 (4) 重新复位装好

续表

序号	故障现象	可 能 原 因	检 修 意 见
29	台扇摇头失灵，时摇时停	(1) 过载弹簧弹力减弱 (2) 齿杆凹陷磨损打滑 (3) 摇杆支点长锈 (4) 齿轮对磨损或崩齿 (5) 蜗轮磨损	(1) 向内将弹簧压弯矫正或更换弹簧 (2) 修整并将凹陷加深 (3) 检修摇杆及支点后加润滑油 (4) 更换坏齿轮 (5) 更换蜗轮
30	鸿运扇的转页扇不转	(1) 同步电动机烧毁 (2) 同步电动机引线脱落 (3)拉力弹簧失效、拉力不足 (4) 拉力弹簧脱落 (5) 无动力转页调节过紧 (6) 同步电机靠轮与转页脱离 (7) 转页上有油打滑	(1) 更换新电机 (2) 重新将引线接回焊好 (3) 更换弹簧 (4) 将其复位 (5) 对调节旋钮略旋松一些 (6) 调整合适位置使其靠紧 (7) 拆出转页洗去油质
31	扇叶与网罩相碰	(1) 扇叶法兰的固定螺丝松脱 (2) 网罩固定螺丝松动脱落 (3) 伸出轴严重弯曲	(1) 将扇叶调整到螺丝对准轴端的缺口平台然后拧紧 (2) 重新上回螺丝把网罩固定好 (3) 将转子连轴一起上车床校正后装回
32	电扇转动但指示灯不亮	(1) 灯泡灯丝烧断 (2)灯座螺口太紧，灯泡旋不到位 (3) 线头脱落	(1) 更换灯泡 (2) 更换灯座 (3) 重新焊接

3-5 家用洗衣机单相电动机的故障与检修

家用洗衣机目前主要采用波轮式和滚筒式两种，洗衣机结构型式则有单缸简易式、双缸半自动、套缸全自动及滚筒全自动几种。但其所用电动机主要是单转向单速电动机、双转向单速电动机和双转向双速电动机。电机均属单相电容运转电动机，其绕组结构可参看2-5节。单向电动机用于脱水机，修理方法与一般电容运转电动机相同；洗涤用电动机属专用电机，其特点是主、副绕组参数相同，以便电动机正、反转互换主、副绕组时能保持相同的运行性能；至于双速电动机则主要用于高级全自动洗衣机，它采用两套不同极数的双绕组构成，故电机故障也和一般电动机没有什么大的变化。

由于洗衣机的电动机连带一系列机构工作，其他部件的故障常会反映到电动机的运行特性的变化，甚至造成电动机的损坏，因此，故障的现象常受电动机以外的故障影响而牵连在一起。表3-5是洗衣机电动机及其所关联故障原因分析表，供检修时参考。

表 3-5　　家用洗衣机电动机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可 能 原 因	检 修 意 见
1	合上电源洗衣机毫无声息	(1) 电源停电 (2) 保险丝熔断 (3)洗衣机电源线插头、插座接触不良 (4) 机内电源线断路 (5) 电机电容器断路或脱焊 (6) 电动机绕组损坏 (7) 定时器触点损坏或脱线	(1) 断开电源等待送电 (2)拆开后盖，检查确认后更换保险丝 (3)断开总电源检修插头，插座，使其有良好的接触 (4) 拆开后盖，送电检查电压，查出断开点进行恢复接线，如系中间开断则更换导线 (5)如系脱焊则重新焊牢，若电容断路（参考3-3节检查）则更换电容器 (6) 参考3-1节检查修理或重绕 (7) 如导线脱落可重新焊牢，若定时器故障宜更换定时器

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
2	合上电源电动机有声但波轮不转	(1) 电动机传动皮带脱落 (2) 电源电压过低（低于187V） (3) 电机电容器失效或短路 (4) 波轮或其他传动件被异物卡死 (5)衣物放量过多，超过额定洗涤容量 (6) 洗涤电动机起动转矩太小 (7)在潮湿环境中长期停用，轴承与端盖锈蚀而转不动	(1) 重新装上并调整松紧度适中 (2)断开电源暂停使用，待电源电压正常再用 (3) 检查确认后更换电容器 (4) 断开电源后清除障碍物 (5)断开电源，减少桶内衣物再用 (6) 换用电容量稍大的电容器 (7) 检修电动机、清除锈蚀、更换轴承
3	洗涤电动机运行噪音过大	(1) 电动机轴承缺油或轴承损坏 (2) 传动皮带过松 (3) 两皮带轮不在同一平面 (4)电动机座、皮带轮及波轮等的定位螺丝松动 (5) 电动机转子动平衡失衡 (6) 电动机轴伸弯曲 (7) 电动机皮带轮配合间隙过大	(1) 检修电动机更换磨损的轴承 (2) 参考1-5节调整皮带 (3) 松开皮带轮定位螺丝进行调整 (4) 紧固松动的螺丝 (5)拆卸电动机，取出转子校正动平衡 (6)把转子连轴拆下，上车床校正 (7) 电镀皮带轮内孔
4	波轮电动机正、反、停、开失控	(1)定时器触头接触不良，时通时断 (2)定时器触点粘结，不能控停 (3) 定时器走时系统损坏 (4) 波轮电动机绕组局部断路 (5) 波轮电动机绕组局部短路	(1)检修定时器触头，打磨触点 (2)检修定时器，清理触头上的金属疤并将接触面打磨平滑，或更换触头 (3) 更换定时器 (4) 检修电动机绕组 (5) 检修电动机绕组

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
5	洗衣电动机无力、不能满载运行	(1) 电动机转矩下降 (2) 皮带轮螺丝松脱 (3) 皮带轮打滑	(1)检查电容器是否漏电、失效，确认后更换电容器 (2) 检查两皮带轮定位螺丝，并将其紧固 (3) 调节皮带松紧度或更换新皮带
6	波轮转速过慢	(1) 电动机绕组局部短路 (2) 电动机检修绕组有反接 (3) 转子有断条 (4) 皮带打滑 (5)皮带轮、波轮的定位螺丝松动 (6) 波轮被长条织物缠绕	(1) 按3-1节检查修理电动机 (2) 检查重接改正 (3) 重铸或更换转子 (4) 更换皮带或调紧皮带 (5) 拧紧松动的螺丝 (6) 停机，清除缠绕物
7	合上电源后脱水桶不转	(1) 脱水定时器线头脱焊 (2) 脱水定时器触点接触不良 (3) 桶盖开关未闭合 (4) 脱水电动机烧坏 (5) 脱水电动机电容器断路 (6)电动机、脱水桶连轴器松脱 (7)脱水刹车鼓的摩擦片（抱闸）调得过紧	(1) 将线头重新焊牢 (2)检修定时器，打磨触点并调整接触 (3)先检查桶盖是否关紧，再查有无线头脱落，再检修桶盖开关 (4) 按3-1节检修电动机或重绕 (5) 更换电容器 (6) 检查后将两个固定螺丝拧紧，再拧紧防松螺母 (7)调整刹车拉线，使脱水盖开关闭合时抱闸脱开

续表

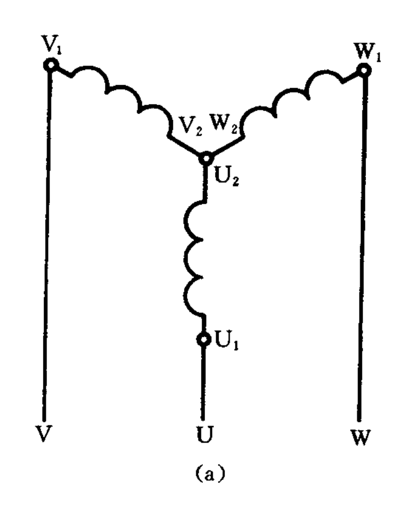
序号	故障现象	可能原因	检修意见
8	脱水工作时有异响	(1) 脱水电动机减振弹簧损坏 (2) 脱水电动机拉力弹簧损坏或弹性相差过大 (3) 连轴器与刹车鼓连接的固定螺丝松脱，形成周期性异响 (4) 刹车装置安装失调，正常运行时局部接触 (5) 抱闸的刹车摩擦片松动 (6) 抱闸的刹车摩擦片过度磨损，铆钉触及刹车鼓 (7) 衣物放置不均匀，重力严重偏心	(1) 取下电机支架，更换损坏及高度不一的减振弹簧 (2) 更换损坏及弹性相差过大的弹簧 (3) 检查并拧紧固定螺丝及防松螺母 (4) 调整抱闸在运行时脱离接触车鼓，刹车时则能全面接触刹车鼓 (5) 铆紧摩擦片 (6) 更换摩擦片 (7) 将桶内衣物沿内桶内壁摆放均匀
9	脱水工作的制动性能差（停转时间过长或过短）	(1) 刹车摩擦片严重磨损 (2) 刹车装置调整不当 (3) 刹车弹簧弹性失效 (4) 刹车鼓安装不到位造成刹车摩擦面过小	(1) 更换摩擦片 (2) 调整刹车拉杆长度，使抱闸在刹车时有足够的力度和紧密度，工作时又能完全脱离接触 (3) 更换刹车弹簧 (4) 松开刹车鼓的定位螺丝，将车鼓敲到轴肩止位，再拧紧定位螺丝及防松螺母
10	电动机负载运行温升过高	(1) 洗涤衣物过量导致电动机过载 (2) 波轮被衣物缠绕造成过载 (3) 电动机传动皮带调整过紧 (4) 电动机故障导致发热	(1) 适当减少一次洗涤的衣物 (2) 断开电源，清除缠绕物 (3) 参考 1-5 节调节皮带张紧度 (4) 参照表 3-1 同项一栏
11	洗衣机金属外露部分带电	(1) 电动机或其他电器带电部分严重受潮 (2) 电动机绕组接地故障 (3) 电容器击穿故障 (4) 带电导线脱落触及金属件 (5) 金属外壳及金属架未接地线 (6) 三极插头或插座接错，即将安全地线错接入火线或零线	(1) 卸下电动机进行烘干处理，其余受潮电器可用热风筒吹干 (2) 参考 3-1 节检修 (3) 更换电容器 (4) 将脱落导线焊牢并包好绝缘 (5) 应将机内接地点进行可靠接地 (6) 三极插座极性应是上—E（地线）、左—N（零线）、右—L（火线）；插头三极也应对应接线

3-6 民用三相电动机的故障与检修

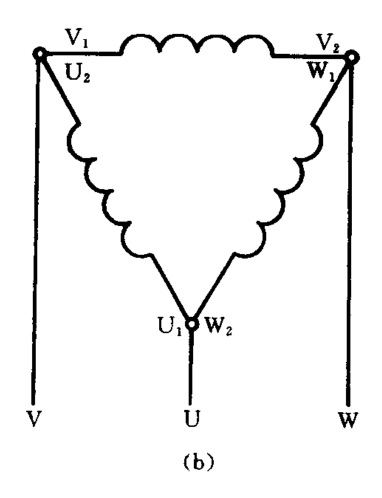
民用三相电动机主要是常用电动工具、工程及农用排灌等小型设备的电动机。由于工作环境较差，且使用者多不重视日常的维护，故民用电机故障率还是比较高的。民用电机故障包括电气绕组故障和机械故障，而机械故障的最终结果通常也反映到绕组故障。绕组故障除 1-3 节所述的断路、接地、短路故障外，在三相绕组中还会发生反相等绕组接错的故障。

1. 三相电动机一相绕组反接故障

民用三相电动机多采有 Y 形接法，但也有个别是△形接法，但一般引出线三根，即 Y 形时将三相同名（同极性）端内接成星点，如图 3-5 (a) 所示，另一同名端引出 U、V、W 三根电源线。△形则是逐相头、尾连环相接，如图 3-5 (b) 所示，最后从三个角点引出 U、V、W 三根电源线。如果接线时有一相反接，电动机不能正常运行并发出振动噪音，时间稍长则绕组会



(a)



(b)

图 3-5 三相绕组的接法

(a) Y 形接法；(b) △形接法

因三相电流不平衡而发热烧毁。所以，重绕接线必须查明每相绕组极性方能连接。检查一相反接时，对重绕过程的电机，可按线圈组电流方向跟踪查实，对成品电机的故障检查可用下面介绍的两种较为简便的方法：

(1) 剩磁感应法。先用万用表电阻档分开三相绕组，把每相各一端线并接，另一端也并联，在两并联点间接入万用表（直流毫安档，也可用直流毫伏表），如图 3-6 (a) 所示。然后用手转动转子轴，如表头指针几乎静止不动表示所联三相的同名端是正确的；如有一相调反则表头有明显的摆动，这时可将任意一相头、尾调反再试，直至转动转子时指针不动为止。此法较方便，它是利用定子铁心上的剩磁感应原理实现的，故只适用于经通电运行的电动机，如新制造还未通电运行的电动机则不能采用。

(2) 电压冲击感应法。检测前先用电阻法分开三相的线头，在其中一相接入电表（万用表直流毫安档或用直流毫伏表）；另一相接入一节干电池，如图 3-6 (b) 所示。当碰通电池回路观察表头，若指针是正向摆动，这时电池"+"极所接线端与表头"－"极所接端是相头（同名端）；若指针反摆则将两表笔调反使表针正摆。然后，再把电表改接到未测一相线头，同理

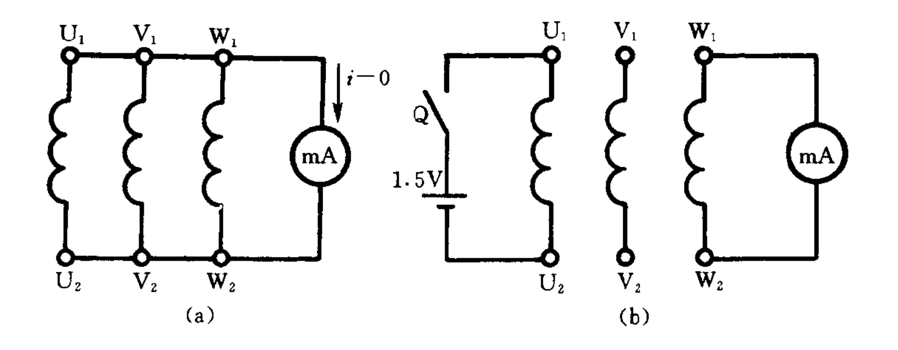


图 3-6 用万用表检测三相电机绕组同名端的方法

(a) 剩磁感应法；(b) 电压冲击感应法

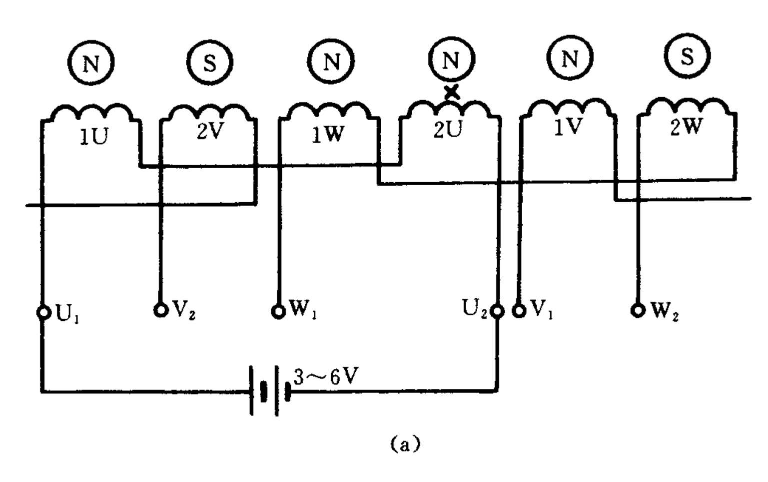
可测得该绕组相头，自然另三线端便是相尾同名端。此法除用万用表外，还需一节干电池，如手头没有，可取出万用表内的电池暂用。

2. 绕组局部反接故障

交流异步电动机定子绕组是根据布线型式按一定规律连接的，如显极式每相绕组相邻的线圈组的极性必须相反，即每相线圈组是 N S N- S …规律分布；而庶极式则全部线圈组均为同一极性。如果对绕组连接规律不熟悉或工作疏忽，便容易出现局部反接故障、使旋转磁场畸变、三相电流不平衡、噪音难听、起动困难等"症状"。严重时甚至无法起动并伴随着剧烈振动，如不及时停机就可能发生局部绕组损坏。

绕组局部接错的故障检查可用较为简便、有效的指南针指示法。检查接线如图 3-7 所示，检测时将定子竖起，用 3～6V 的直流电源接入被测相绕组，然后将指南针靠近被查相的线圈组，即同相相邻线圈组极性应符合接线规律，如显极式绕组时，同相相邻线圈组必须相反，而图 3-7 (a) 中线圈组 2U 的应该是"S"（即与 1U 相反），但所测极性却是"N"，显然违反接线规律，故说明此组线圈接反了。同样，图 3-7 (b) 是庶极布线，图中检测 W 相时，2W 与其他线圈组极性不同，也是违反接线规律的，故该线圈组也反接了。对错接的线圈组，只要将两根引线调反重接即可。

这种局部检查方法还可查出一组线圈中个别线圈接反或嵌反的局部反



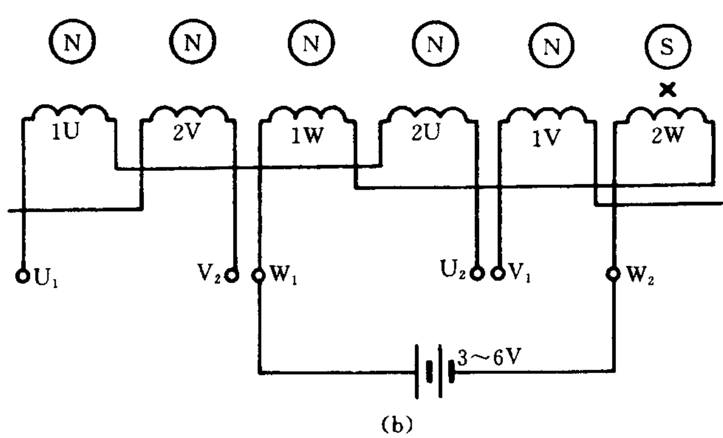


图 3-7　用指南针检测电机绕组绕圈组极性

(a) $2p=2$ 显极绕组；(b) $2p=4$ 庶极绕组

接故障。这时，当指南针在一组线圈检测中慢慢移动，正常时表针方向一致，若指南针出现不稳定的摆动，说明组内有接反的线圈。此外，此法同样适用于单相异步电动机绕组查找一相绕组中的局部线圈反接的故障。

民用三相异步电动机其他常见故障汇总列于表 3-6。

表 3-6　　民用三相电机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	合上电源电动机不起动，且无声息	(1) 电源实际未接通 (2) 控制电源故障 (3) 接触器损坏，不动作	(1)检查电源有无电压、熔断器是否烧断、开关接触是否良好，确认后处理 (2)检查控制电源电压、控制回路熔断器等 (3) 更换接触器线圈
2	电动机不能起动，但伴有嗡嗡声	(1) 三相电源缺相 (2) 电动机有一相断路 (3) 出线盒接线板螺丝松脱或接触不良 (4) 定子绕组内部有极相组反接，或有出线反相 (5) 绕组有局部短路或接地故障 (6) 定转子铁心拖底 (7) 负载过重或拖动机械有卡阻 (8) 小容量电动机装配不良	(1)检查电源、开关、熔断器、接触器主触头及线路可能有一相开断，酌情修复 (2) 参照 3-1 节检修 (3)检查并清理线头，接回脱落线头 (4) 查找反接的极相组及反相的引线将其正确接好 (5) 参考 3-1 节检查修理 (6)检查轴承磨损、轴弯，更换损坏零件 (7) 排除卡阻，减轻负载 (8)重新调整装配，使转轴能灵活转动
3	接通电源即熔丝爆断	(1) 带负载在缺相情况下起动 (2) 电动机至电源线路短路 (3) 电动机绕组靠电源端有短路或接地故障 (4) 熔丝选择容量过小	(1) 参照序号 2　(1) 处理 (2) 更换故障线路 (3) 参考 3-1 节检查处理 (4)按 $I=(2.5\sim3.5)I_N$ 选择熔丝额定电流
4	空载电流不平衡	(1) 定子绕组部分线圈在并联支路上开断 (2) 定子绕组存在匝间短路 (3) 定子绕组有局部反接 (4) 三相电源电压不平衡	(1) 用电桥查出电阻大的一相再查故障点 (2) 参照 3-1 节检修 (3) 重新检查纠正接线 (4) 调整三相电源与绕组的接线，使三相达到大致平衡

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
5	空载电流偏大	(1) 电源电压过高 (2) 定子绕组Y形误接成△形 (3) 定子绕组重绕时误接成多路并联 (4) 铁心导磁性能变差 (5) 气隙偏大 (6) 定、转子铁心错位	(1) 查明原因调整电压至额定值 (2) 按铭牌改正接法 (3) 查原始资料重新正确改接 (4) 对重绕电机可选用合理的绕组型式和较高绝缘等级，并合理调整线圈匝数以增大导线截面来改善铁心导磁性能 (5) 更换适合的转子 (6) 将转子铁心压装到与定子对称位置
7	空载试车温度高	(1) 电源电压过高 (2) 定子绕组接线错误 (3)定子绕组有短路、接地故障 (4) 起动后熔丝断相造成单相空载 (5) 定、转子铁心拖底 (6) 重绕电机的绕组浸漆未完全干，泄漏电流大 (7) 轴承发热引起电机发热 (8) 通风散热条件不完善	(1) 查明原因调整电压至额定值 (2) 如Y形误接作△形或一路误为多路均要按正确改正接线 (3) 按3-1节检查修理 (4) 停机检查并接好熔丝 (5) 检查轴承及轴弯并酌情更换轴承或校正弯轴 (6) 烘干绕组再试 (7) 更换轴承并参照下栏处理 (8)如风叶缺损应换新，如风罩损缺要更换
8	轴承发热	(1) 轴承滚道或滚珠局部疵损 (2) 轴承过度磨损 (3) 轴承润滑脂内混有杂物 (4) 润滑油过量 (5) 轴承装配未到位 (6) 端盖轴承不同心	(1) 更换轴承 (2) 更换轴承 (3) 清洗轴承更换油脂 (4) 润滑脂只需填满轴承室1/3～1/2空间 (5) 轴承压装到轴肩位置 (6) 加工电机端盖

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
9	电动机起动困难且转速降低	(1) 电源电压过低 (2) 负载过重或机械卡阻 (3) 转子笼条断裂 (4)绕组有局部短路、接地故障 (5) 重绕电机有局部接反现象 (6) 绕组△形接法误接成Y形 (7) 绕组并联误接成一路串联 (8) 重绕匝数过多	(1) 排除线路故障后调整电源电压到额定值 (2)减轻负载，排除卡阻因素 (3) 重铸转子或更换新转子 (4) 按3-1节检修电机 (5) 查明并纠正接线 (6) 查明后纠正接线 (7) 查明接法后纠正接线 (8) 查明原始数据重绕
10	电动机运行有异常噪声	(1) 轻载运行于两相电源 (2) 电动机装配不良 (3) 转子偏心并有轻微拖底 (4) 轴承磨损、损坏、缺油 (5) 绕组有局部短路、接地 (6) 转子笼条集中开断 (7) 冷却风扇掉叶 (8) 风罩螺丝松动	(1) 停机检查排除缺相原因 (2)调整装配，使转轴的转动灵活 (3) 查明造成拖底原因并排除故障 (4) 更换轴承或清洗加油 (5) 参考3-1节检修 (6) 重铸或更换转子 (7) 修复或更换风扇 (8) 拧紧风罩螺丝
11	电动机负载运行温度超值	(1)电源电压过低，负载电流增加，致使I^2R而发热 (2) 电动机冷却风道阻塞 (3) 负载过大或拖动机械有故障 (4) 电动机电源断相 (5) 电动机转子断条 (6) 电动机起动过分频繁 (7)环境温度过高，通风不良 其余原因及处理见序号7栏目	(1) 检查原因调整电源至额定电压 (2) 清除阻风杂物 (3) 减轻负载或消除机械故障 (4) 检查熔丝及电源并排除故障 (5) 更换或重铸转子 (6) 适当减少起动次数或重新选用工作相适应的电动机 (7)采取降温措施，改善环境通风条件

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
12	电动机运行时振动过大	(1) 转子动平衡失衡 (2) 定转子气隙不均匀 (3) 轴承磨损或配合过松 (4) 转子笼条断裂或端环开焊 (5) 转子轴弯 (6) 电动机地脚螺丝松动 (7) 一相绕组倒反极性	(1) 校正转子动平衡 (2)检查转弯、轴承等调整气隙均匀 (3) 更换轴承调整配合公差 (4) 重铸或更换转子 (5) 更换新轴 (6) 上紧地脚螺丝 (7) 查实确认后纠正接线

3-7 换向器式电机的故障与检修

换向器式电机主要是指单相串励电动机和民用直流电机，其结构基本相同。电机的故障可归纳为电气故障和机械故障两大类，机械故障基本与一般电动机相同，无非是轴承故障，轴弯、磨损以及机械与电气原因引起的振动故障等，检查和修理可参照单相异步电动机相应的机械故障检修。电气故障则主要包括绕组和换向器两方面的故障。

（一）绕组的故障检修

换向器式电机绕组故障是指定子磁场绕组和电枢绕组部位的故障，其中绕组断路、绕组短路及绕组接地故障可参考本章3-1节内容进行检修。由于电枢是通过换向器连接构成完整的绕组，所以电枢绕组的接线错误有别于其他电动机而成为独特的典型故障。

1. 电枢单叠绕组局部接线错误

小型电枢采用手绕或软线圈散嵌工艺，错接是电枢的常见故障。检测时一般从两电刷间接入3～12V直流电源，如图3-8所示，电压不宜过高，片间电压最好在1V左右，用直流电压表顺次检测相邻片间电压，先测若干相邻片，舍去最大和最小值后，取其平均值作为正常片间电压U_Z，并设此方向为“正”。错接主要有以下两种形式：

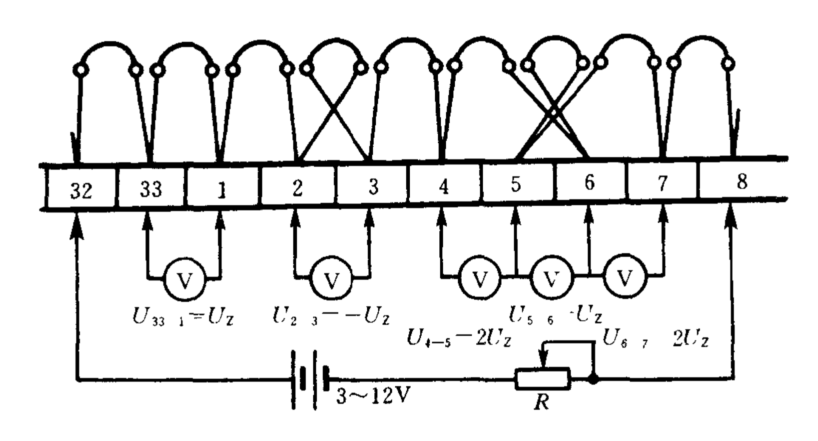


图3-8 直流片间电压法查找电枢元件接错故障

(1) 单个元件反接故障。这是单叠电枢常见的反接故障，它是将一个元件头尾两引线调反接入换向片，如图中当测量到$U_{2\ 3}$时电压指示反向，说明此两片所接的元件引线调反了。应将该元件在换向片2和3的线头烫出，调正后重新焊牢。

(2) 两对引线调反的故障。这也是单相串励电枢的常见故障，它是将元件的两个“麻花”线头调反所致。这时如图3-8中测得$U_{5\ 6}$等电压均为正常值U_Z，当测到$U_{4\ 5}=2U_Z$，较正常值高出近1倍，而相邻的$U_{5\ 6}=U_Z$测值又正常，但$U_{6\ 7}$ $2U_Z$，此种异步变化说明两组异常值中间的换向片5和6是错接元件，即此两片所接的两组线头（麻花）反接。所以应将5号片线槽中的一组（二个）线头与6号片的一组（二个）线头调换重焊。

2. 电刷中性线偏离的调整

换向器式电动机电刷偏离几何中性线位置，轻则引起换向火花，严重时会使电机不能正常工作，甚至可能烧毁电机。对于如单相串励等微电机通常是在调试中移转电刷架位置使火花最小；对于容量较大的直流发电机，电刷几何中性线的位置是空载感应电动势获得最大值的位置，如果偏离，发电机不但会产生换向火花，甚至发不出电。现场检修中，找准电刷中性位置常用感应法。

检测接线如图3-9所示，直流mV表接于电枢两电刷架上，励磁绕组串

联电阻通过开关接入 3V 直流电源，当合上开关 Q 瞬间，表针如有较大摆动，说明中性线偏移，可将电刷架的固定螺丝旋松，移转一小角度再试，直至开关合上瞬间，mV 表不偏转（或偏转最小），则电刷所在是中性线位置。

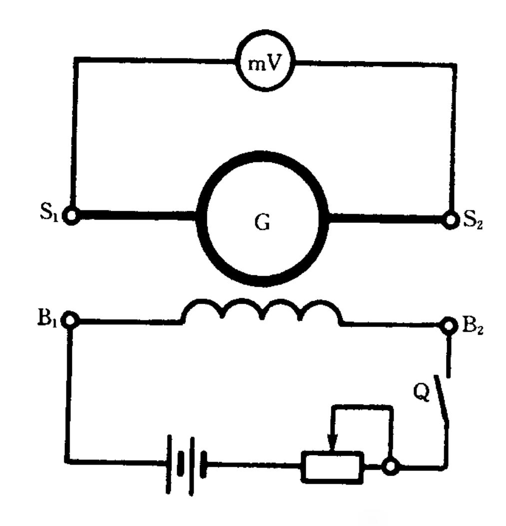


图 3-9　直流电机电刷中性位置检测接线

3. 串励电枢与磁场的连接

单相串励电动机一般为二极，定子由两只集中式绕组串联而成，它与电枢的连接有前后串或中间串几种形式，但实用上较多采用中间串，即将两只磁场线圈分别接在电枢两边，如图 3-10 所示。而且对不同转向也有不同的接法，如电动机工作时是顺时转向，采用图 3-10（a）的接线；若工作于逆时转向则用图 3-10（b）接线。

（二）换向器的故障检修

目前小型电机使用的换向器一般都是浇注型密封式，合格的正规产品极少发生内部故障，而出现内部故障的多为超过使用年限，故只有更换新件。但换向器是工作于较为恶劣的环境，其外部则容易发生故障。

1. 换向片短路与云母槽修整

换向器在电机运转时会因与电刷的磨擦而产生导电粉末，积存于云母槽将形成片间短路；而重绕焊接时也会因锡粒落入片间而形成短路。因此，换向器短路是属多发生故障。

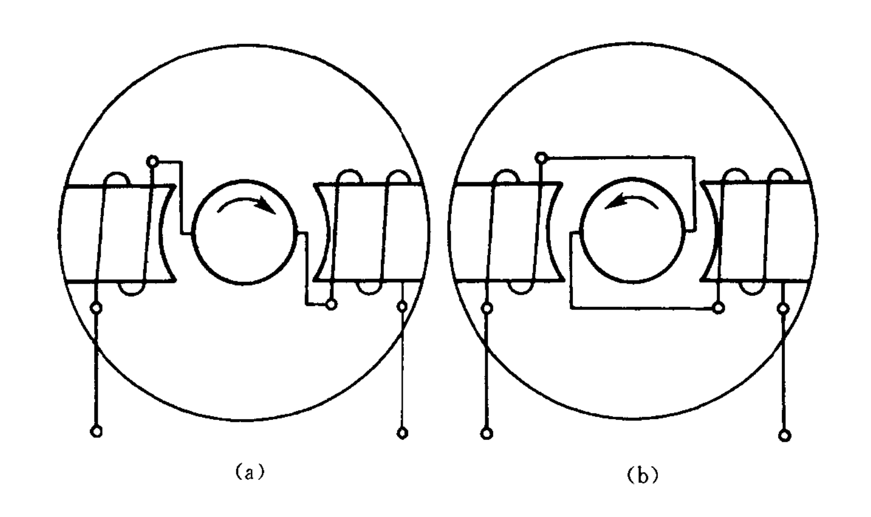


图 3-10　串励电动机电枢与磁场绕组连接

（a）顺时针旋转；（b）反时针旋转

换向片间短路的云母槽，可用钢锯片磨制成钩状刮削刀，对片间的云母片进行刮削，把槽内的导电物清理掉，直到见白色云母为止。此外，由于换向器与电刷磨擦中，铜的磨蚀高于云母，运行时间长则可能使云母突出换向器表面而造成接触不良产生火花。为此，除故障处理外，定期的维护也需对换向器进行云母槽刮削清理。对于小电机，云母槽不宜刻刮过深，一般宜在 0.75～1.0mm 左右。但云母槽的刻刮要规整，务必把靠铜片侧面的云母刮去，使槽呈“凵”形，否则，残留的云母容易突出表面。云母槽刻削后要将槽的两侧铜片表面倒角，即用折断的钢锯片沿槽斜着刮削一下，然后再用细砂纸把整个换向器表面打磨光滑，吹扫干净才能使用。

2. 电刷的修磨

电刷是换向器式电机的重要易耗件，其材质的成分、硬度等都可能影响正常运行而引发故障。电刷的选用要参照产品说明书规定型号使用，单相串励电动机一般采用 DS 型电化石墨电刷，其技术性能如表 3-7 所列。

表 3-7　　单相串励电动机电刷型号及技术性能

电刷型号	DS—4	DS—8	DS—52	DS—72
额定电流密度（A/cm^2）	12	10	12	12
允许圆周速度（m/min）	40	40	50	70
电刷压力（$\times 10^{4}$Pa）	1.5～2	2～4	2～2.5	1.5～2
电阻系数（$\times 10^{-3}\Omega\cdot cm$）	6～16	31～50	12～52	10～16
硬度（压入法 N/mm^2）	30～90	220～240	120～240	50～10
一对电刷接触压降（V）	1.6～2.4	1.9～2.9	2～3.2	2.4～3.4
摩擦系数	≤0.20	≤0.25	≤0.23	≤0.25
50h 磨损（mm）	≤0.25	≤0.15	≤0.15	≤0.20

电机的电刷与刷握配合的松紧程度会导致电刷下产生火花，故电刷在刷握内既要灵活滑动而又不得配合过松而造成晃动。如配合过紧，可将细砂纸摊在平面上，把电刷平放上面用手轻轻推磨到相应的尺寸。此外，更换的新电刷要将接触面研磨成与换向器表面相同的圆弧面。研磨时将宽度与换向器等宽的条状细砂纸包卷在换向器表面使砂面向外，然后把需研磨的电刷装入刷握，再压上弹簧，并顺着砂纸卷绕方向转动换向器，便可磨出与换向器密合的圆弧面。完成后先退出电刷，再取出砂纸，并把粉末清理后再用压缩空气吹扫干净。

3. 电刷压力的调整

电刷与换向器接触不良是引发刷下火花的重要原因之一。但电刷随运行时间而逐渐磨耗，电刷压力也随之变小；另外，弹簧在不利工作环境中也会发生疲劳而变形失效。这时因换向器表面磨损状况及轴承间隙等因素引起跳动，电刷在压力不足的情况下便可能在某些瞬间脱离接触而产生跳弧，所以，对失调和失效的电刷弹簧要进行调整。对单相串励电动机电刷弹簧单位压力可参考表 3-7；对汽车用直流发电机的电刷压力一般应调整到 11.7～16.7N。调整时，对管式刷握配用的螺旋弹簧，可调节顶部的螺旋压盖进行；对盒式刷握的卷盘弹簧一旦失效，必须更换新弹簧。

单相串励电动机常见故障产生原因及排除方法见表 3-8。

表 3-9 是直流电机常见故障，它包括电动机和发电机，但所列的故障原因不一定适合较大容量的直流电机，而主要是针对民用及家电用的小直流电机而言，故仅供参考。

表 3-8　　单相串励电动机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	电动机转不起来	（1）电源未真正接通 （2）电刷与换向器接触不良 （3）电刷偏离物理中性线 （4）电枢绕组断路或严重短路 （5）定转子拖底卡住 （6）定子绕组极性接错	（1）检修电源至电机电路各部件（如熔丝、开关、线路等） （2）调整电刷的松紧度及弹簧压力或更换新电刷 （3）重新调整中性线 （4）参考 3-1 节检修 （5）检查轴承、轴弯并酌情处理 （6）参考上节检修
2	接通电源熔丝爆断	（1）电源线路或开关接地、短路故障 （2）接线头绝缘破损引起接地或短路故障 （3）电刷架接地故障 （4）绕组有严重接地或短路故障 （5）误将电源接到 380V	（1）检查并排除故障再使用 （2）查出故障点并加强绝缘 （3）清洗刷架并加强绝缘 （4）参考 3-1 节检修 （5）检查电机绕组无异常则改到额定电压电源上使用
3	电动机起动困难	（1）电源电压过低 （2）开关接触不良 （3）电刷偏离中性线 （4）电刷架有接地故障 （5）定子绕组有短路或接地现象 （6）电机装配不良，转动困难	（1）查明电源降压原因并调整电压 （2）检修或更换开关 （3）重新调整中性线 （4）清洗刷架排除接地原因再加强绝缘 （5）参考上节内容进行检修 （6）重新装配调整

续表

序号	故障现象	可 能 原 因	检 修 意 见
4	电动机转速变慢	(1) 电源电压降低 (2) 负载过重 (3) 电刷偏离中性线 (4) 电枢绕组有匝间短路 (5) 局部换向片间短路 (6) 电枢绕组局部反接 (7) 定子励磁绕组接地 (8) 轴承缺油	(1) 调整电源电压到额定值 (2) 减轻负载 (3) 调整电刷至中性线 (4) 参考 3-1 节检修 (5) 清除短路点 (6) 检查反接元件纠正接线 (7) 加强绝缘或更换线圈 (8) 清洗轴承并注油
5	电动机转速过快	(1) 电刷偏离中性线 (2) 励磁绕组有匝间短路 (3) 电源电压偏高 (4) 负载过轻	(1) 调整电刷至中性线 (2) 重绕励磁线圈 (3) 调整电源电压至额定值 (4) 非故障，但不宜长期高速运行
6	电动机运行温升过高	(1) 负载严重超载且运行时间过长 (2) 定子磁场线圈受潮或有匝间短路故障 (3) 定转子拖底 (4) 电枢绕组受潮 (5) 电枢绕组有个别元件断路、脱焊 (6) 电枢绕组有个别元件反接 (7) 轴承故障引起发热 (8) 装配质量不良造成静阻力过大	(1) 减轻负载或作短时间歇工作 (2) 烘干线圈或更换线圈 (3) 检查轴承、轴弯并酌情处理 (4) 烘干电枢绕组 (5) 参考 3-1 节检修 (6) 查找反接元件并纠正接线 (7) 更换轴承 (8) 重新调整装配质量

续表

序号	故障现象	可 能 原 因	检 修 意 见
7	电刷下火花偏大	(1) 电刷偏离中性线 (2) 电刷与换向器表面污垢接触不良 (3) 电刷磨耗过量 (4) 电刷压力不足或不均匀，造成接触不良 (5) 电刷与刷握配合过紧或过松 (6) 电刷与换向器总接触面积过小 (7) 电刷牌号、质量不匹配 (8) 换向片间的个别云母片凸出 (9) 换向器有局部变形或铜片凸出 (10) 电枢绕组个别元件反接 (11) 电枢元件个别断路或开焊 (12) 电枢绕组元件匝间短路 (13) 电枢绕组与定子绕组同时接地 (14) 不可逆转电动机反转运行 (15) 重绕时电枢元件接入换向片错位 (16) 改压重绕后片间电压过高	(1) 调整电刷架至中性线位置 (2) 洗除污垢 (3) 更换新电刷 (4) 调整电刷压力弹簧 (5) 更换新电刷或修整电刷使其上下活动灵活 (6) 研磨电刷接触面，要避免一次更换全部电刷 (7) 更换同牌号且质量合格的电刷 (8) 刻除凸出的云母片 (9) 修磨换向器表面或车床精车加工 (10) 确认后换接纠正 (11) 检查后重新焊牢 (12) 查出短路点进行修理 (13) 查出接地点并加强绝缘 (14) 按规定转向运行 (15) 查实原始记录纠正接线或参考 2-11 节确定接线位置 (16) 更换多片数换向器使片间电压降低进行重绕

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
8	换向器出现环火	（1）换向器表面污脏且凹凸不平造成与电刷接触不良 （2）换向片间严重短路 （3）电枢绕组严重脱焊或短路 （4）换向器接地 （5）电刷弹簧压力过小且电刷与刷握配合过紧造成接触不良	（1）精车研磨换向器表面 （2）如短路故障发生在片间表面则清除短路点；若在内部则更换换向器 （3）参考3.1节检修 （4）更换换向器 （5）修磨电刷并调整弹簧压力
9	运行时电刷的“嘶”声过大	（1）电刷压力过大 （2）电刷太硬	（1）适当调整电刷弹簧压力 （2）更换适用牌号的电刷
10	轴承运行发热	参照表3-6处理	

表 3-9　民用直流小型电机故障原因分析与检修意见

序号	故障现象	可能原因	检修意见
1	有电源但电动机不能起动	（1）定子绕组断路 （2）电刷与换向器接触不良 （3）电枢绕组断路 （4）机械负载卡死	（1）用测电阻查出故障线圈再酌情局部修理或更换线圈 （2）检查是否有电刷卡死或配合过紧 （3）参照3-1节检修 （4）排除机械方面原因
2	电动机转速过高	（1）磁场电流偏小 （2）励磁绕组有匝间短路 （3）电源电压超过额定值 （4）电刷偏离中性线 （5）负载过轻	（1）励磁电阻接触不良造成回路电阻大，应检查调整 （2）参考3-1节检修 （3）调整降低电源电压 （4）调整电刷至中性线位置 （5）加大负载

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
3	电动机转速达不到额定值	（1）励磁电流过大 （2）并励绕组短路 （3）电枢绕组有开路或短路元件 （4）电刷弹簧压力过大 （5）轴承缺油磨损 （6）电刷偏离中性线 （7）电动机负载过重	（1）调整励磁电阻使电流达到额定值 （2）检查出故障线圈后重绕 （3）参考3.1节检修 （4）按要求调整弹簧压力 （5）更换新轴承 （6）调整电刷中性线 （7）减轻负载
4	发电机不能建立电压	（1）发电机失磁 （2）充磁极性不正确 （3）励磁绕组电源极性接反 （4）励磁绕组断路 （5）励磁绕组靠近接线柱接地 （6）汽车接地形式错乱 （7）励磁回路开断 （8）旋转方向与规定方向相反 （9）换向器云母片高出 （10）换向片间有短路故障 （11）绕组严重受潮	（1）通过励磁绕组进行充磁 （2）重新反向再充磁 （3）查实确认后纠正接线 （4）局部修理或重绕 （5）查出接地点加强绝缘 （6）查阅说明书纠正接线和接地点 （7）检查回路、电阻等 （8）确认后改换转向 （9）刮削云母片 （10）刮削云母片，排除故障物 （11）烘干浸漆处理
5	发电机电压不稳	（1）磁场变阻器接触不良 （2）励磁回路各线头有氧化、松脱 （3）刷架松动，电刷在运行中摇摆 （4）转速不稳定	（1）检修变阻器 （2）检查出故障点进行清理、绞接并焊牢 （3）调整电刷中性线后上紧固定螺丝 （4）检查并调节皮带松紧度

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
6	发电机电压过低	（1）发电机转速达不到额定转速 （2）励磁电阻过大 （3）励磁绕组有匝间短路 （4）换向片短路 （5）电刷偏离中性线 （6）汽车发电机调节器故障	（1）提高原动机转速或降低速比，重配皮带轮 （2）检修并调整变阻器减小阻值 （3）局部检修或重绕 （4）清扫、检查、刮削换向器云母槽 （5）调整电刷在中性线位置 （6）更换调节器
7	换向火花过大	（1）电刷位置偏离中性线 （2）刷握松动 （3）电刷与刷握的配合过紧或过松 （4）电刷接触面过小 （5）电刷压力不均匀 （6）换向器表面有炭粉、油污 （7）电刷材质、牌号不符 （8）云母片突出 （9）换向器表面灼伤严重	（1）调整电刷工作于中性线上 （2）重调中性线后上紧固定螺丝 （3）重配电刷，使电刷宽度间隙为0.06～0.3mm，长度间隙为0.07～0.35mm （4）研磨电刷使其每刷接触面均大于75%以上 （5）根据说明书要求调整压力并使其均匀 （6）用酒精擦拭干净后再用风吹干 （7）要用原规定牌号电刷换上 （8）刮削修整云母槽 （9）精车、研磨换向器
8	换向器出现环火	（1）电刷远离中性线 （2）换向器严重凹凸不平，云母突出 （3）有相邻元件反接造成片间电压过高 （4）电枢绕组有严重短路故障 （5）电枢绕组与换向片严重脱焊 （6）电刷牌号不对，质地过松	（1）调整电刷中性线位置 （2）精车、研磨换向器并刻刮云母槽 （3）检查故障点，纠正后重焊 （4）参照3-1节内容检修 （5）重新焊牢并检验合格 （6）按使用说明配用电刷

续表

序号	故障现象	可能原因	检修意见
9	电机温升过高	（1）电枢绕组受潮严重且散热不良 （2）电枢绕组接地或短路 （3）并励绕组有局部短路 （4）电机长时间过载运行 （5）轴承发热引起	（1）取出电枢烘干并酌情是否需重新浸漆处理 （2）参考3-1节进行检修 （3）检修或重绕 （4）减轻负载或短时过载运行 （5）排除轴承发热因素
10	轴承发热	参照表3 6该项处理	

3-8 电机重绕程序与工艺

绕组是电机中比较脆弱而容易发生故障的部位，故电机的损坏大多是绕组的损坏，但电机的铁心及机械部件都有较长的使用寿命。而重绕修复一台电机的总费用成本大约不足购进新机费用的一半，所以电机的重绕修理是节约生产成本、节省能源消耗的有利途径，也是电机制造不可替代的行业。下面是依据绕组重绕的程序，着重介绍重绕工艺与方法。

（一）绕组拆除与原始数据记录

电机重绕属非同型号批量的修理，由于待修电机的种类繁杂，一般只能采用手工散嵌操作，原始数据的记录对重绕修复尤为重要。在原始记录中，电机的主要技术参数可由电机铭牌取得外，其余绕组数据要在拆线过程中记录，所记项目最好列表填写，它既方便，又可作为资料卡供今后重修时的改进提供参考。表3-10至表3-12是常用电机重绕修理的记录卡格式。

1. 原始数据记录要点

一般来说，重绕要求修理后的电机保持原性能，故重绕数据必须与原始数据相符，所以，详实的记录是电机修理质量的可靠保证。为准确填写项目内容，特作说明如下：

表 3-10　单相异步电动机重绕数据记录卡　修理编号________

电机型号	(CO_2—9014)	功率	(W)	电压	(V)	电流	(A)
转　速	(r/min)	绝缘等级		厂家		出厂编号	
电容器型号		电容量	(μF)	电容耐压	(V)	出厂日期	
定子铁心(mm) 外径		内径		槽形及尺寸			
轭高		长度					
齿宽		槽数					
绕组　型式	节距槽号	线圈匝数	线径(mm)				
主绕组 (4B)	(1—9, 2 8, 3 7, 4 6)	(34, 29, 22, 11)	(0.95)	绕组接线图			
副绕组 (3A)	(5—14, 6 13, 7—12)	(27, 51, 27)	(0.60)				
调速绕组 (—)	(—)	(—)	(—)				
绕线模图形及尺寸				试　验　数　据			
				主绕组对地绝缘	(MΩ)		
				副（调）绕组对地绝缘	(MΩ)		
				主、副、调相间最低绝缘	(MΩ)		
				耐压（1min）	(kV)		
				空载试验电压	(V)		
				空载试验电流	(A)		
完工日期		修理者		检验员		日期	

注　表中填入数据是填写参考的示例。

表 3-11　单相串励电动机重绕数据记录卡　修理编号________

电机型号			额定功率	(W)	厂家	
额定电压		(V)	额定转速	(r/min)	出厂编号	
额定电流		(A)	绝缘等级		出厂日期	
转子铁心(mm)	外径		长度		槽形及尺寸	
	内径		轭高			
	齿宽		换向片数			
	槽　数					
定子铁心(mm)	外径		极数		接线图	
	内径		轭高			
	长度		极宽			
转子绕组	绕组型式		每槽元件数			
	线圈数		元件匝数			
	槽节距		线径	(mm)		
	接线位置	（始槽向右借偏1片半接入）			备　注	
定子绕组	线圈数		接法			
	线圈匝数		线径	(mm)		
试验	转子绝缘	(MΩ)	转子对地耐压(1min)	(kV)		
	定子绝缘	(MΩ)	定子对地耐压(1min)	(kV)		
完工日期		修理者		检验员		日期

表 3-12　　民用三相电动机重绕数据记录卡　　修理编号＿

型　号			功率	(kW)	转速	(r/min)	厂家	
电　压		(V)	电流	(A)	绝缘等级	(B)	出厂编号	
接　法		(△)	频率	(Hz)	定额	(连续)	出厂日期	
定子铁心(mm)	外径		内径		长度		轭高	
	齿厚		气隙		槽数			
定子绕组数据	型式	(单层同心)	实际接线	(△)	槽形及尺寸			
	节距		线圈组数					
	每组圈数		线圈匝数					
	并绕根数		线径	(mm)				
	并联路数		布线	(显、庶)				
线模图形及尺寸				绝缘电阻	对地 (MΩ)	1min耐压	对地 (kV)
					相间 (MΩ)		相间 (kV)
				每相电阻	U相 (Ω)	空载试验	电压 (V)
					V相 (Ω)		电流 (A)
					W相 (Ω)	短路电压	(V)
备　注							
完工日期		修理者		检验员		检验日期	

（1）并绕根数与并联路数。并绕根数是因导线直径设计值过大，无法通过半闭槽口，或没有所选导线的规格而改用多根较细的导线代替一根粗导线绕制线圈，即是并绕根数。并联路数是确保一相串联匝数不变的前提下，将一相绕组分为二个（或多个）并联分路，也可以达到类似并绕的目的。但重绕时必须按原始状况记录。对于小型电机绕组，若仅引出三根出线，则其星点或角点均在内部连接，极易混淆，故查并绕根数时必须从线圈引线查核，例如线圈引线是由 2 根组成，即并绕根数为 2，并联路数则由引出线与绕组连接端的导线根数并结合绕组接法来确定：

1）三相电动机 Y 形接法及引出线为 6 根时，有

$$a = \frac{N_c}{n} = 整数$$

2）三相电动机△形接法时，有

$$a = \frac{N_c}{2n} = 整数$$

式中　a　绕组并联支路数，它必定是整数，如算出不是整数则核查 N_c 及接法；

N_c　引出线与绕组连接端的导线根数；

n　并绕根数。

（2）槽形及尺寸的记录。槽形尺寸是作为重绕或改绕时校验的参考，目前小型电机采用梨形或梯形槽，要求标示的尺寸如图 3-11 所示。

（3）绕线模图形及尺寸。电机重绕线圈是用线模绕制的，常用的绕线模形状如图 3-12 所示。线模的大小直接影响重绕质量，如过大则嵌线较易，但平均匝长增加，铜损增加而电机性能下降，严重时还会碰压端盖引起接地故障；若线模过小则嵌线困难，甚至无法嵌入。所以拆线时要量好图中标示的尺寸。其中梭形线模多用于功率较大的电机，如双层绕组线圈；小电机一般多用鼓形线模。单层交叉式有两种线模规格，其中双圈组由两只同尺寸线模绕制线圈组；同心式绕组则由几只不同节距的线模组成"塔模"连续绕制线圈组，最大线模总长 L_D 由拆线时实测确定，次级线模总长较前级短 $1.6b_p$，即

$$L_{DY} = L_D - 1.6b_p\text{(cm)}$$

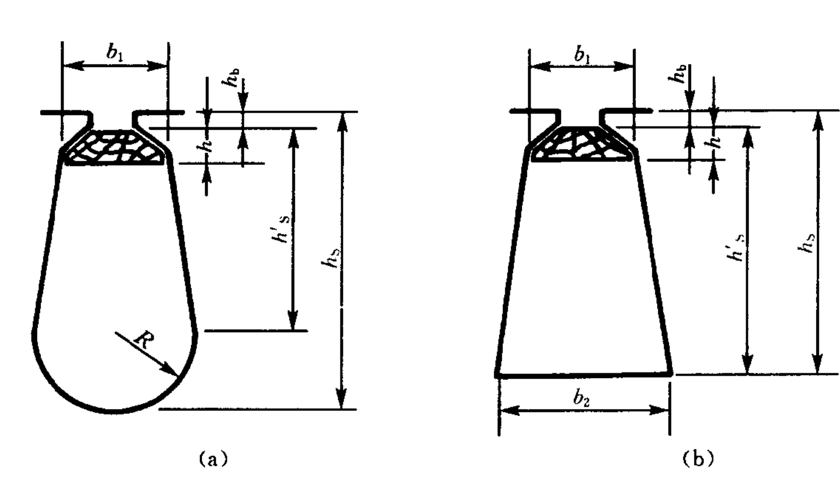


图 3-11 电动机定子铁心常用槽形及尺寸标示

(a) 梨形槽；(b) 梯形槽

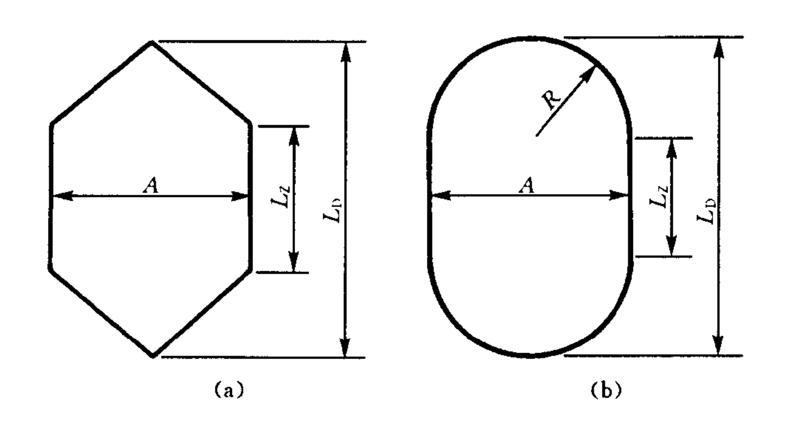


图 3-12 电机线圈常用绕线模尺寸示例

(a) 梭形线模；(b) 鼓形线模

式中 L_D — 最大线圈实测（内端）总长，cm；

b_p —— 定子槽的中部宽度，cm。

线模的直边必须长于铁心总长，可由下式确定，即

$$L_Z = L + 2l \text{ (cm)}$$

式中 L —— 铁心长度（叠片厚度），cm；

l —— 伸出槽口长度，小功率取小值，可参考表 3-13 选取。

表 3-13 电机线模直边伸长尺寸 单位：mm

电机中心高	≤112	132～200	225～280	≥315
l	10～15	13～16	18～20	25

线模的厚度一般取槽深的一半左右。模心夹板形状与线模相似，但尺寸则放大 2～4cm。

(4) 绕组接线图。对单、三相普通电机绕组的接线图是较简单的，但对特殊型式的电机则十分复杂，务必在拆线时仔细弄清，否则重绕将会失败。

1) 单相调速电动机。主要用于调速电扇及空调风扇的电动机，它有多种接线形式，具体可参看第二章 2-7 及 2-8 两节和附录彩图 5 中各例。拆线时要认真核查绕组型式并绘制正确的接线图方能顺利进行重绕。

2) 换向器式电枢。绕组有正对和借偏接线，其形式可参考图 2-54 及图 2-55 绘制标示。

2. 电机绕组的拆除

电机绕组经浸漆烘干后，绕组已粘结成整体，非常坚固，拆线方法有冷拆法、热拆法和溶解法几种，但其效果均不如人意。热拆时需将绕组加热至 120～130℃，其软化并不明显，况且在如此高温下根本就无法操作，待稍冷便坚实依然。溶剂法效果也仅稍好些，但却有害于健康。所以目前绕组拆线主要还是冷拆法。

冷拆时先用锤将端部敲松，除去槽楔后，一根根从槽口退出，此法工效较低。目前在工厂的专业修理则用电动或手动拆线机拆线。另外，近年采用的一种冷拆是用斜口凿在引线端沿槽口将整个端部凿出，把定子竖起，用截面略小而形状近似槽形的钢棒从槽口端用手锤敲击，使钢棒对槽内导线施加压力，并逐个槽口敲击，顺次循环进行，使整个绕组从另一端退出。原凿出的接线端则用作核查绕组接线。

（二）清槽及绝缘件裁剪

绕组拆除后用清槽铲将槽内粘结的绝缘纸铲去，再用钢丝通条在槽中来回推拉，将残留物清刷干净。然后检查槽口，对变形、移位的齿片复位修正，对槽内因短路造成的烧结点进行铲除并修整平滑，最后用压缩空气吹扫干净，再涂上一层稀释绝缘漆，经烘干备用。

1. 绕组槽绝缘与层间绝缘

绕组槽绝缘是绕组与铁心电隔离的主绝缘，目前采用E级和B级绝缘等级。槽绝缘的结构与规格如表3-14所示。

表 3-14　　电机绕组槽绝缘结构及厚度　　单位：mm

绝缘等级	绝缘材料	定子中心高			
		<120	132~160	180~280	>310
E级	6520	0.20~0.22	0.20~0.22	0.25~0.27	
	6520+M	—			0.25+0.15
B级	DMD	0.20~0.25			
	DMD+M	0.20+0.05	0.25+0.05	0.30+0.05	
	DMD+DMD				0.20+0.30
	DMDM	0.20~0.25	0.30	0.35	

注　6520—聚酯薄膜复合绝缘纸；M—聚酯薄膜；D—聚酯纤维纸；DMD—6630聚酯纤维无纺布聚酯薄膜复合绝缘纸。

电机槽绝缘有两种形式，一种是折边式如图3-13（a）所示。它的槽绝缘a引出槽口兼作引槽纸，当嵌线完毕后沿槽口剪去并反折于槽内如图3-13（b），最后插入槽楔压住。另一种是槽封式，在槽中安置如图3-13（c），嵌线时需另加引槽纸b，该槽全部导线嵌入后将引槽纸抽出，再插入槽口封条c，压入槽楔。槽绝缘的宽度尺寸可参照图示并按实际槽形尺寸裁剪，引槽突出槽口尺寸约10~20mm。槽绝缘纸长度应长于铁心，可参考表3-15选取。双层绕组槽内的上、下层线圈边之间还需放置层间绝缘如图中的d所示。

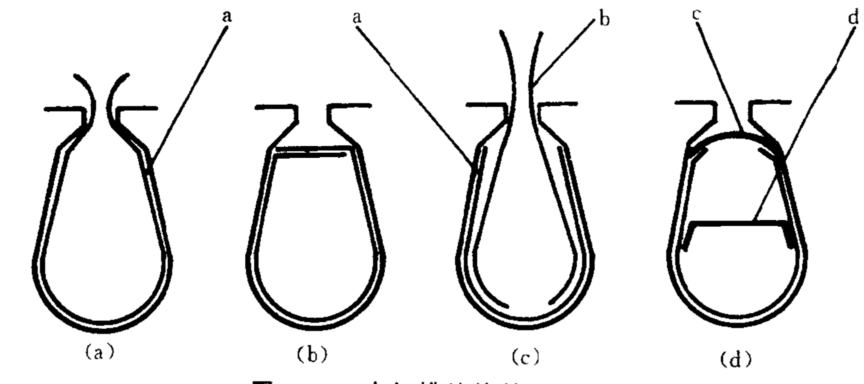


图 3-13　电机槽绝缘的两种形式

表 3-15　　槽绝缘伸出铁心（一端）长度　　单位：mm

电机中心高	≤90	90~112	132~160	180~280	≥310
伸出长度	5~6	6~7	7~10	12~15	15~20

槽封条和层间绝缘用材与槽绝缘相同，其宽度尺寸由下式确定，即

槽封条剪裁宽度　　$b_f=(1.2\sim1.3)b_1$

层间绝缘剪裁宽度　　$b_n=1.7b_p$

2. 绕组端部绝缘

绕组的端部绝缘又称隔相纸，绝缘结构与主绝缘相同。对单相电动机，通常是指主、副绕组之间的相间绝缘；对三相绕组，小电机一般只衬相间绝缘，容量较大电机则每线圈要衬垫一层较薄的绝缘纸。端部绝缘形状为半月形，大小要求能隔开线圈组端部，尺寸没有严格规定，裁剪时可放大一些，待整形完成后再剪除高出的多余部分。

3. 槽楔与接线头绝缘

电机每槽绝缘封口后，要从槽口插入槽楔（见图3-11），以防槽内导线松动。槽楔选用与绝缘等级适应，常用的槽楔如表3-16所示。

表 3-16　　电机用槽楔规格及厚度　　单位：mm

电机规格（中心高）	B 级绝缘	E 级绝缘	A 级绝缘
	玻璃布层压板 MDB 复合槽楔	3020、3021、3022、3023、3025、3027 层压板槽楔	竹制槽楔
80～160	0.50～0.60	1.5～2.0	2.0～3.0
180～315	0.60～0.80	2.0	3.0～3.5

接线头绝缘目前通用套管，B 级绝缘用醇酸玻璃丝套管，E 级则用涤纶或玻璃丝管套入后再浸漆。

（三）线圈绕制与嵌线

1. 绕制线圈

除较小的转子电枢绕组采用手工直接缠绕之外，一般电机，包括容量较大的串励电枢绕组都是用线圈嵌线。线圈绕制是先将线模连两边夹板放入绕线机上计数绕制，绕前在模板四面嵌下一段扎绳，并核查线圈匝数和导线规格应无误，如是线圈组则要一组连绕，以减少接线和避免反接的错误。绕线要求排绕，以免导线交叉造成嵌线困难。每只线圈绕足匝数后经绑扎好才卸模。一组线圈绕完后留足引线取下线圈并标示匝数，以免主、副线圈混淆。

对有反绕匝数的单相电机线圈，当绕足正绕匝数后，将一端部绑扎好再反绕所需匝数。

2. 绕组嵌线

嵌线前先插入槽绝缘及引槽纸。嵌线有两种工艺，一种是用线圈嵌线，称散嵌绕组，是嵌线的主要形式；另一种手工直接嵌绕，主要用于单相串励电枢及微型直流电枢。

（1）电机嵌线的操作要领。一般来说，线圈嵌线的操作手法是通用的，对小电机定子嵌线是单人操作，定子是横向置于工作平台，取出线圈，解开有效边的绑线，左右两手用拇指和食指分别捏住线圈两有效边同向扭转一定角度后，两手将即嵌边进行“捏扁”并疏导理顺导线，然后把即嵌边靠近定子右侧槽口斜着将有效边导线压入槽内，左手移从定子左侧伸入内腔与右手配合，向左边拉边压，使线圈边的导线全部进入槽内，如有部分未进槽的线匝可用滑线板将其逐根划入槽内，再来回扯动，使之理顺。

（2）线圈的嵌线方法。

1）整嵌法。它是把一个线圈两有效边相继嵌入所跨两槽，称为整嵌法。这种嵌线可使绕组端部形成明显的层次，如图 3-14 的即是上下层次的双平面绕组；如图 3-15 所示则为三平面绕组。它主要应用于单相电动机和三相同心式绕组的布线。

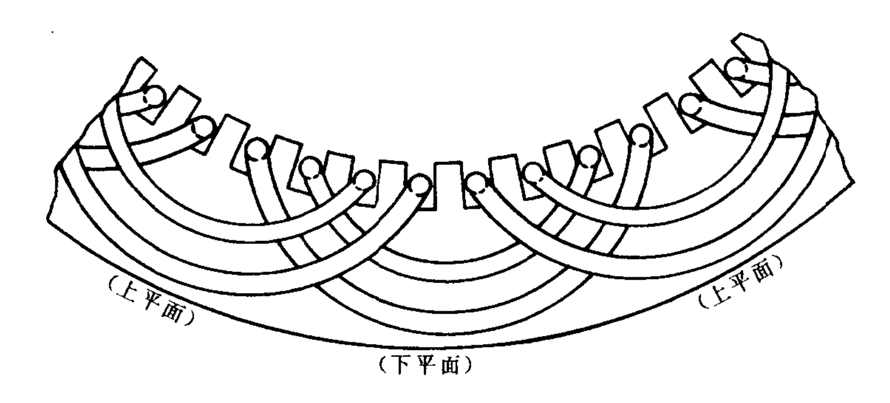


图 3-14　单层同心式绕组 $S=2$ 时整嵌双平面布线的端面状况

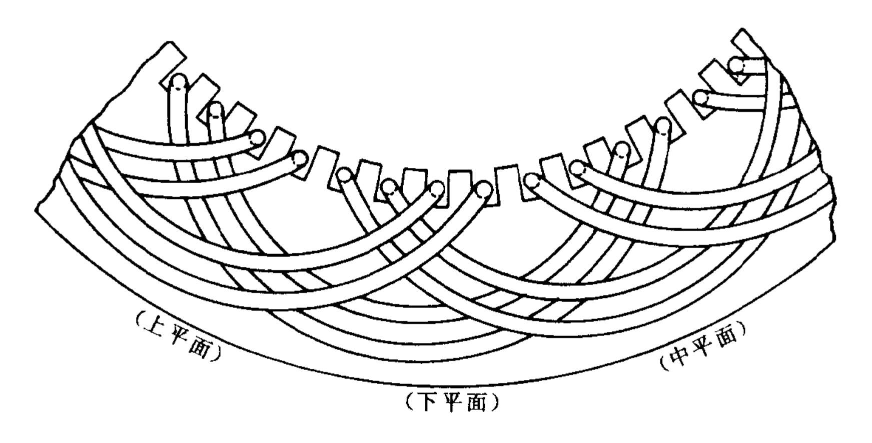


图 3-15　单层同心式绕组 $S=2$ 采用三平面布线时的端部状况

2）交叠法。它的一个线圈两有效边不同时嵌线，而是先将一边先嵌入槽，另一有效边暂时不嵌入跨距槽而吊起，要待双层跨距槽的下层线圈边嵌入后，或单层线圈跨距内的沉边全部嵌入后，再把原吊起的线圈边嵌入相应槽内。因此，其端部的分布层次呈交叠状而称交叠嵌法。图 3-16 是单层几种型式绕组交叠布线的端部状况；图 3-17 则是双层叠绕组的端面状况。

（3）单相异步电动机的嵌线。单相电动机目前主要用正弦绕组布线，嵌线用整嵌法，通常是先嵌入主绕组，再嵌副绕组，后嵌调速绕组。但由于绕组结构不同，为减少绕组过多交叠，也有的绕组改变次序嵌线，附录彩图范例布接线图中均有说明，可参照进行。在同组线圈中，应从小线圈嵌起，依次逐个嵌入，最后再嵌大线圈。此外，对于大线圈同相同槽布线的 A 类绕组嵌线有两种方法，一是采用交叠嵌法，即最大线圈要吊边，大线圈两有效边分别安排在两跨入槽的上下层；另一是采用整圈嵌法，无需吊边，大线圈两边均在槽的同一层次，但嵌线时要对称嵌入。

（4）换向器式电枢绕组的嵌线。小型转子电枢常用手绕，即放置槽绝缘

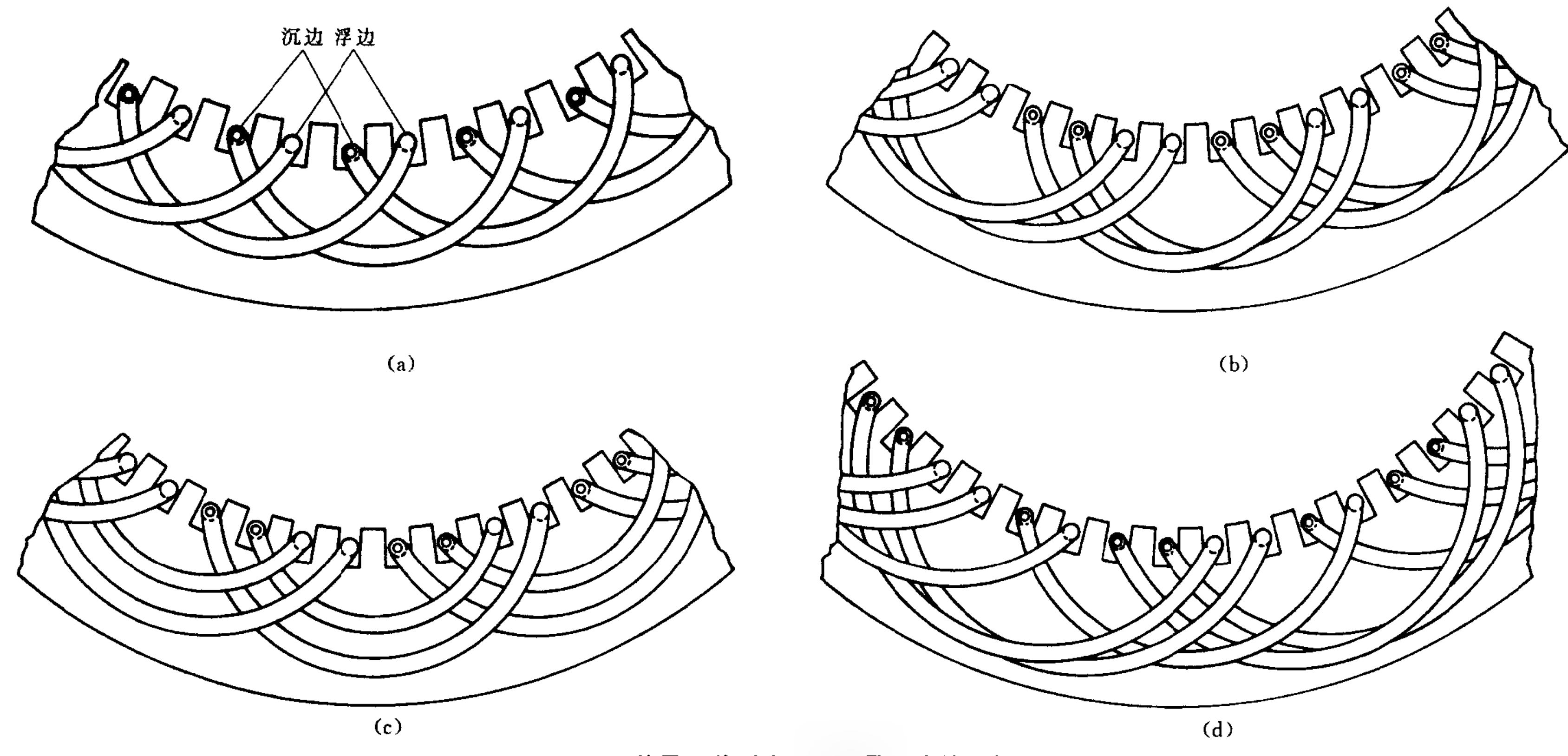


图 3-16　单层几种型式绕组交叠布线的端部状况

（a）单链绕组布线的端面布线状况；（b）单层叠式绕组 $S=2$ 时交叠布线的端面布线状况；（c）单层同心式绕组 $S=2$ 时交叠布线的端面布线状况；（d）单层交叉式绕组布线的端面布线状况

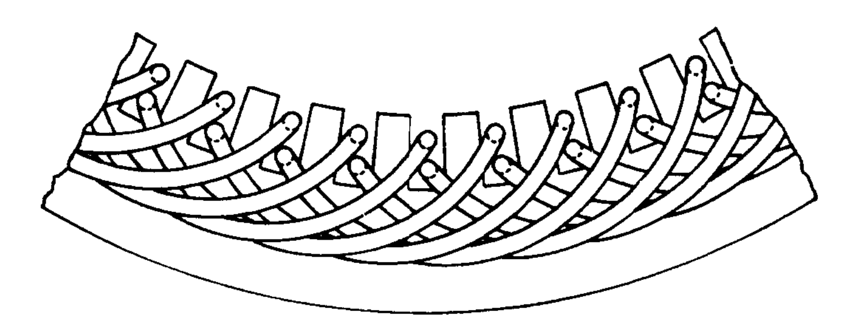


图 3-17　双层叠式绕组端面布线状况

后，一手握转子，另一手把绝缘导线缠绕入节距两槽。但按布线形式有三种，以下以 8 槽转子为例说明：

1）叠绕法。每线圈始槽起顺槽编号次序绕线，如图 3-18 所示，绕线顺序如表 3-17。

表 3-17　叠绕法嵌线顺序表

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　4	2　5	3　6	4　7	5　8	6　1	7　2	8　3

2）V 形对绕法。第一只线圈从始槽起绕入跨距槽，次一线圈以前一线圈跨距槽为起始绕线，如图 3-18（b）所示，嵌绕次序如表 3-18。

表 3-18　V 形对绕法嵌线顺序表

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　4	4—7	7—2	2　5	5—8	8—3	3—6	6—1

3）平行对绕法。嵌绕是以每对次线圈分别平行分布于转轴两侧，如图 3-18（c）所示，嵌绕顺序见表 3-19。平行对绕容易达到动平衡，是较理想的嵌绕方法，但它只适用于槽数是 4 的整数倍的转子。

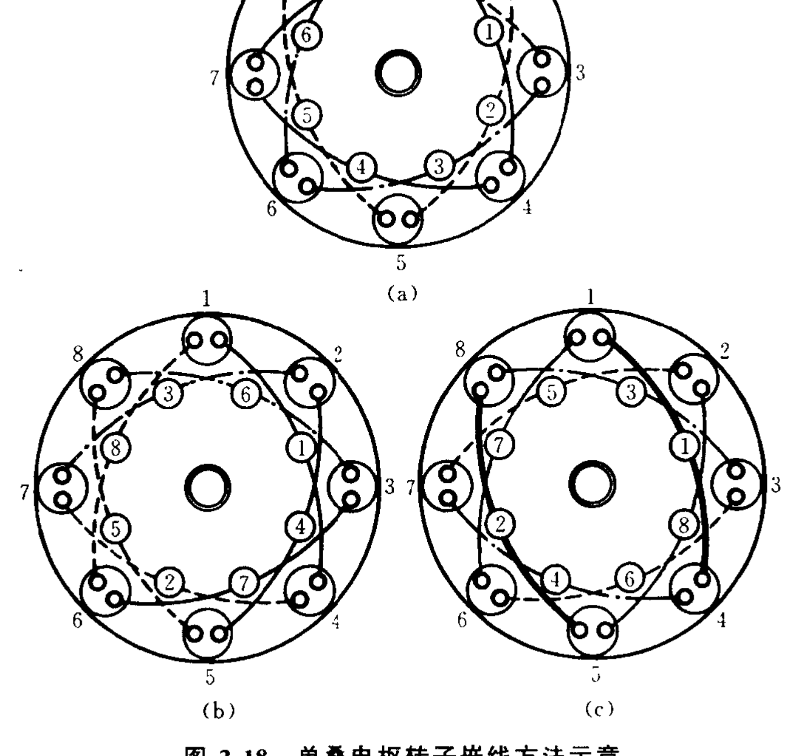


图 3-18　单叠电枢转子嵌线方法示意

（a）叠绕法；（b）V 形对绕法；（c）平行对绕法

表 3-19　平行对绕法嵌线顺序表

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1—4	5　8	8—3	4　7	7　2	3　6	6—1	2　5

(5) 三相电动机的嵌线。三相电动机的嵌线与单相电机基本是相同的，但只有同心式绕组可整嵌外，其余均用交叠法嵌线。若同心式绕组为庶极布线则用整嵌法形成端部双平面绕组；若是显极布线则是三平面绕组。此外，交叠嵌线可有前进式和后退式的操作形式，当嵌入线圈一槽后，下一槽线圈嵌入的槽在靠身边者，即嵌线趋势是使定子往后退一槽嵌入的称为后退式嵌线；反之，称为前进式嵌线。通常较多采用后退式。本书除说明外，彩图范例的嵌线顺序均用后退式。

1) 三相双层叠绕组嵌线。绕组采用双层等匝线圈，嵌线采用交叠法，先嵌入一只线圈的下层边，另一边吊起暂不嵌入，后退一槽嵌入第 2 只线圈下层边，如此逐边嵌入至一个节距 (Y) 下层边后，从 ($Y+1$) 个线圈起开始整嵌，即嵌入下层边后相继把该线圈的另一边也嵌入跨距槽的上层(因该槽下层边已先嵌入)，随后的线圈类推嵌入，当全部下层边嵌满后，再把原来吊起的 Y 个有效边逐个嵌到相应槽的上层。

双层叠绕组嵌线的简要规律是：每嵌好一槽（边）往后退，再嵌一槽再后退。依次逐槽嵌线，直至完成。

2) 三相单层链式绕组嵌线。单链绕组每组仅有一只线圈，但每只线圈两有效边在端部如图 3-16 (a)，即先嵌的有效边被后嵌边压在下面，故称先嵌边为“沉边”，而后嵌边在上面故称“浮边”。嵌线时是先嵌一边向后退，空出一槽嵌一边，至第 3 只线圈开始可整嵌，即此线圈可嵌入沉边后随即也将浮边嵌到相应槽内。单链绕组嵌线均需吊 2 边。当全部沉边嵌完后，再把原来两个吊边嵌入相应槽内。

3)三相单层交叉式绕组的嵌线。单层交叉式绕组常见的是单双圈形式，其中双圈组是等节距交叠结构，单圈节距较双圈短一槽。嵌线方法类似单链。嵌线常以双圈开始，嵌入二边往后退，空出一槽嵌单圈，再退空二槽嵌双圈，循此嵌入，直至完成。

绕组嵌毕要重新整理槽楔及槽绝缘，并垫入隔相纸。

（四）绕组接线和焊接

由于线圈组采用连绕，组内已省去连接，绕组的接线主要是同相线圈组的连接，再根据要求的型式，如 Y 形、△形、L 形、T 形进行接线。

1. 接线头脱漆

对小型电机的接线常用绞接，但接线前要将所接线头按接线长度再预留绞接长度后截断，对较大的导线可用刮削钳刮去绝缘漆皮；若导线很细，刮漆容易损伤导线，故可用火焰烧脱法。操作时将导线端理直离开绕组，用尖嘴钳夹住脱漆段的根部，然后用点燃的酒精灯或腊烛烧去线头上的漆层，烧时火力不要过猛，以免烧断，脱漆后待彻底冷却再用蘸有酒精并拧干的棉布擦干净，脱漆不彻底的部位，可用一块木板支承导线，用已挂锡的电烙铁加一粒松香在残留漆皮部位加热并沿线头移动，便可使残漆去掉并挂上锡层。

2. 交流电机的接线

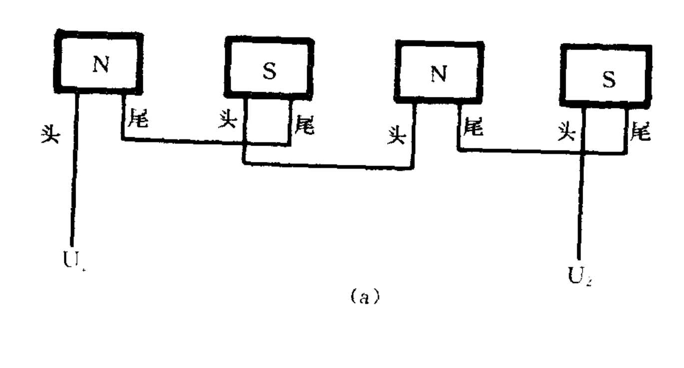
交流电机包括单相和三相异步电动机，绕组结构相同，均以相绕组为构成单位。而每相绕组有两种布接线形式，因此，掌握相绕组的连接与布线形式直接关联。

(1) 显极式接线。显极式布线的特征已在 2.1 节作过介绍，每相线圈组数等于极数，而同相相邻组间的连接是反极性的，无论其接法是串联或并联，都应使相邻两组极性相反，如图 3.19 所示。

(2) 庶极式接线。庶极式布线也由 2.1 节所述，它的每相线圈组数仅为极数的一半，因此四极的一相绕组仅有 2 组线圈，而连接则必须顺向串联，使全部线圈组的极性一致，如图 3-20 所示。

交流电机相绕组连接都按上述原则进行，但第二相绕组的起始位置则对转向有一定关系。就三相绕组来说，假定 U_1 进线槽号为 1，若 V_1 进线在 U_1 左侧，如果电源相序相同，则电动机转向是从 $U_1 \to V_1$，即电动机顺时转向。本书彩图的三相电动机绕组均据此绘制。对单相电动机也类似，但转向的决定略有不同，具体可参看图 2.18。因此，电机绕组的接线以相绕组为基础，再根据要求如三相的 Y 形、△形；单相的 L 形、T 形等按图连接。但是，操作时为避免出错，要求每接好一相都要用记号标示相别和头尾如 U_1、V_1 和 U_2、V_2 等。对小电机连接线头要扭成绞接“麻花”再用锡焊牢并套上绝缘管。

(3)换向器式电枢的接线。换向器式电枢接线是将绕组元件与换向片的连接，并通过换向片逐个串联起来，使最后一个元件的尾端又回到起始元件头端的换向片。但由于每个线圈的槽节距与换向片节距相互关系一致，只要



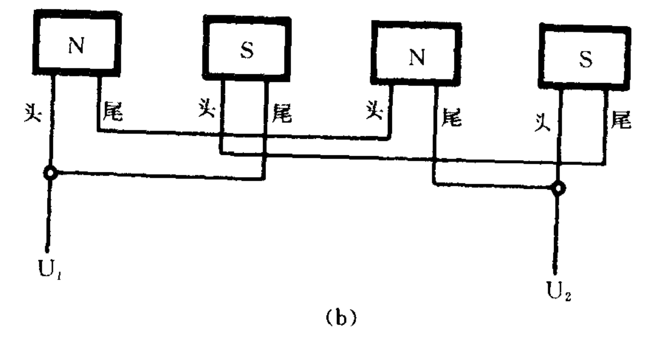


图 3-19 四极电机一相绕组显极式接线示意

（a）串联接线；（b）并联接线

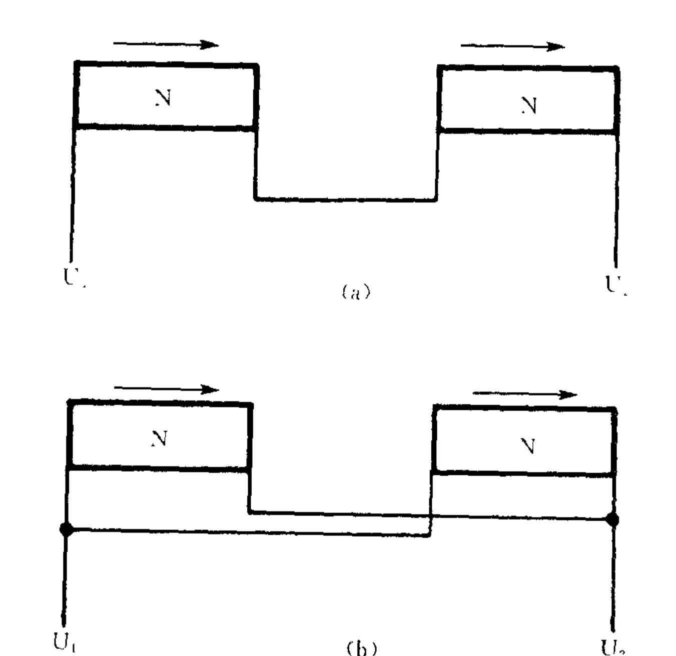


图 3-20 四极电机一相绕组庶极接线示意

（a）串联接线；（b）并联接线

拆线时找出任何一只线圈所含元件与换向器连接的确切位置，余下线圈接线便可循此延续完成。具体接线可参看图2-54所述内容。但接线时，至换向器之间的引接线不得悬空，故接线前要将换向器至绕组端部的空间，用玻璃丝带沿轴上缠绕至接线头持平，再涂上绝缘漆并烘干，再行将引接线沿底部敷设引接入换向片。

此外，接线前还需将并绕元件核查清楚，如图3-21所示，其中元件引线头分别相应接到换向片1、2、3，线尾1′、2′、3′则分别对应接于换向片2、3、4。接线前的引出线最好用不同颜色绝缘管套上，除加强绝缘外，还可作记号。接入换向片的线头要清除漆膜，挂锡后压入换向片接线槽，再用“冲子”将槽口冲缩，俗称“打头”，可防止高速运转下将线头逸出。最后再用锡焊牢。

（五）绕组的整形与绑扎

1. 交流电机绕组整形绑扎

绕组接线完毕再对各部绝缘作一次检查，对位移的绝缘要整理到位。然后对端部线圈高出部位垫上竹板敲打，或用橡胶锤直接敲打，使绕组端部整理成喇叭口状，以利绕组散热通风，并避免转子装配时擦伤。喇叭口的张度要求浑圆、美观，但端部外沿不得碰壳，绕组距机座内圆应在3mm以上。然后再次检查绝缘垫的状况，并将过高的端部绝缘剪平，使之不超过3mm。最后用尼龙扎线对线圈端部与连接线及引出线连接头一起捆绑牢固。

2. 换向器式电枢整形绑扎

换向器式小电枢，特别是单相串励电枢的转速很高、离心力较大，换向

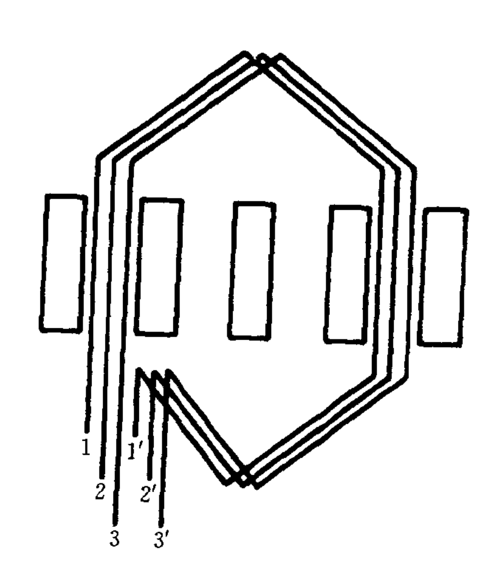
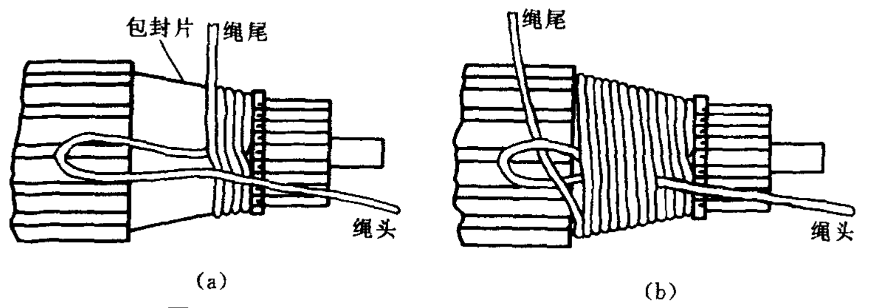


图 3-21 并绕元件头尾标记示例

器端的引接线较长，在高速旋转中容易因受力而甩断。故在接线完成后，用0.2mm厚的玻璃丝漆布裁剪成扇形的包封片，从换向器根部至铁心槽口处将线头包起来，然后再用尼龙绳或腊绳捆扎如图3-22所示。对于较大的直流电机电枢的端部则要用无纬玻璃丝带捆扎。捆扎材料参考附录三选取。

（六）白坯试验

白坯是电机重绕半成品的俗称。因绕组经用白布带、白绸带绑扎之后、



(a) (b)

图 3-22 单相串励电枢端部捆扎工艺和方法

未浸漆之前呈白色故称之为白坯。白坯经过各项技术指标的检测和试验可提前发现重绕过程中存在的缺陷，从而确保电机的修理质量。检验应将电机绕组烘燥并冷却后进行，检验项目主要包括几种。

1. 外观检查

主要检查各部绝缘纸是否到位，有否破损；端部喇叭口是否规整；绝缘是否突出过高；焊接残锡是否清除干净；对引出线的绑扎是否牢靠等。

2. 绕组绝缘检查

电机绕组绝缘检查应用500V摇表（兆欧表）检测，对交流电机检测主要项目有各绕组对地（壳）及绕组相间的绝缘电阻；对换向器式电机则测量定子绕组对地及电枢绕组对地绝缘；绝缘电阻要求必须大于5MΩ。

3. 绕组电阻

绕组电阻测量应在冷态下进行。绕组电阻小于1Ω时用双臂电桥测量，大于1Ω则用单臂电桥。如无电桥，对电阻较大的绕组也可用万用表进行检测对比。

（1）三相电机绕组电阻。三相绕组参数是相同的，故三相电阻应近似相等。若相差过大则有两种可能：一是绕制线圈匝数不等造成；或是绕组有匝间短路故障。因此应进行检查处理。各相绕组电阻相差应满足下式

$$K_R = \frac{3(R_m - R_n)}{R_U + R_V + R_W} \leqslant \pm 2.5\%$$

式中 R_m，R_n——实测三相绕组中的最大值和最小值，Ω；

R_U，R_V，R_W——分别测量三相绕组的直流电阻，Ω。

（2）单相电动机绕组电阻。单相电动机主、副绕组一般是不同参数的，所测得的电阻值应与原绕组数据进行比较，不宜相差过大，而且测量数据应记录在修理卡，以便备查。对主、副绕组参数相同的洗衣机电动机的直流电阻，相差程度应满足于下式

$$K_R = \frac{2(R_m - R_a)}{R_m + R_a} \leqslant \pm 2\%$$

式中 R_m——洗衣机电动机主绕组电阻，Ω；

R_a——洗衣机电动机副绕组电阻，Ω。

（3）换向器式电枢绕组电阻。换向器式电枢主要检测片间电压降，检测线

路如图 3-23 所示。测量过程要求电流表读数保持稳定。测得的正常值应相差不大,如两片电压降过小或为零,说明绕组有短路;反之,片间压降过大(一般超过正常值 30%以上)则是焊接不良,需重新焊接该两片的接线头。

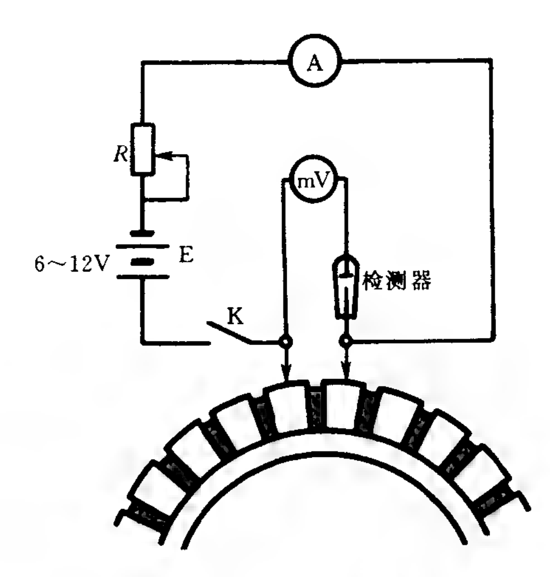


图 3-23　分流电压降法测量片间电阻

(检测器为弹簧复位式，压下时接通两极)

4. 引出线标志检查

重绕电机引出线应作极性、相别标记。三相电动机极性检查可参见图 3-6。

5. 绕组耐压试验

绕组耐压试验在冷态下进行，它是确保电动机重绕后安全运行的预防性检验。试验是在电机耐压试验台进行,主要检验项目是绕组对地和绕组间的耐压强度。试验项目与要求见表 3-20。

6. 空载试验

电动机经上述各项检测通过之后，可将电机进行装配作空载试验。

(1)单相电动机空载试验。单相电动机正确接线后可在额定电压下试空载运行，并测量空载电流值，空载运转 15～20min 再测空载电流，应无明显变化即可通过。

表 3-20　重绕电机绕组（相间、对地）耐压试验标准

绕组试验项目		1min 耐压值（V）
交流电机	定子绕组 1kW 以下重绕半成品	$U_n = 2U_N + 750$
	定子绕组 1kW 以下重绕成品	$U_n = 2U_N + 500$
	定子绕组 1kW 以上重绕半成品	$U_n = 2U_N + 1500$
	定子绕组 1kW 以上重绕成品	$U_n = 2U_N + 1000$
	定子绕组局部换线圈	$U_n = 1.3U_N \geq U_N + 500$
换向器式电机	换向器式电枢绕组对地（1kW 及以下）	$U_n = 2U_N + 500$
	换向器式电枢绕组对地（1kW 以上）	$U_n = 2U_N + 1000 \geq 1500$

注　U_N—被测电机额定电压，V。

(2) 三相电动机空载试验。三相电动机按规定连接后接通三相额定电压，测量每相空载电流应在表 3-21 范围内，且每相相差不超过 ±10%，空载 30min 无异常可通过。

单相串励电动机不宜作空载试验。

表 3-21　小功率三相电动机空载电流与额定电流比值

功率(W)	60～200	220～500	550～1500	1700～4500	5000～11000	13000～30000
2 极	0.53～0.61	0.35～0.50	0.37～0.52	0.31～0.38	0.26～0.32	0.24～0.29
4 极	0.63～0.74	0.60～0.67	0.48～0.52	0.31～0.45	0.35～0.37	0.33～0.36
6 极			0.55～0.61	0.48～0.51	0.42～0.45	0.35～0.43

以上项目通过后，白坯可进入下一工序进行浸漆烘干处理，最后还要进行产品合格检验，项目内容基本同上述，但成品的耐压要求略低于半成品，详见表 3-20。

(七) 浸漆与烘干

电机绕组浸漆工艺大致可分为预烘、浸漆、滴漆、烘干及二次浸烘。因绝缘等级及工作性能不同而选用不同的绝缘漆。电机绕组常用绝缘漆及主要性能可参考附录三。目前电机产品普遍采用 B 级绝缘，并选用 1032 醇酸绝缘漆，其浸烘工艺可参考表 3-22。

转子绕组则宜用无溶剂滴浸，其浸烘工艺参考表 3-23。

表 3-22　　定子绕组 B 级绝缘 1032 漆典型浸烘工艺

序号	工序		电动机中心高 (mm)	烘燥温度 (℃)	干燥时间 (h)	绝缘电阻 (MΩ)	备　注
1	预烘		$H\leqslant160$ $H\geqslant180$	120+5	4~8	>50 >15	大功率电机干燥时间稍长
2	第一次浸漆		—	60~80	≥15min	—	浸漆粘度为 #4 杯 18~22s，不冒泡为止
3	滴干			室温	>30min	—	不滴漆为止
4	第一次干燥	挥发	—	85±5	1~2		浸漆后 1~2h 内进入干燥阶段
		固化	$H\leqslant160$ $H\geqslant180$	升温至 130±5	4~8 8~16	>10 >2	
5	第二次浸漆			60~80	10~15min		浸漆粘度为 #4 杯 35~40s，浸透不冒泡为止
6	滴干			室温	>30min	—	不滴漆为止
7	第二次干燥	挥发		85±5	1~2		浸漆后 1~2h 内进入干燥
		固化	$H\leqslant160$ $H\geqslant180$	130±5	6~10 10~16	>1.5	
8	第三次浸漆			60~80	10min		浸漆粘度为 #4 杯 30~35s，浸至不冒气泡为止
9	滴干		·	室温	30min		不滴漆为止
10	第三次干燥		·	130±5	5~14	5	不粘手为止

注　1. 表中绝缘电阻系热测时的稳定值，确定要以 3h 绝缘电阻变化率不大于 10% 为准；
　　2. 本工艺是 B 级绝缘烘噪工艺，但也适用于 E 级绝缘，即浸漆温度稍为降低。

表 3-23　　转子绕组无溶剂滴浸漆典型浸烘工艺

序　号		1	2	3		4	5	
工　序		预烘	第一次滴浸	第一次烘干		第二次滴浸	第二次烘干	
				胶化	固化		胶化	固化
9102B 级环氧无溶剂滴浸漆	温度 (℃)	120	110~120	130	140~150	110~120	130	140~150
	时间 (h)	2	2~10 min	14~17 min	1~2	2~10 min	15min	2
	热态绝缘	—		—	—	—	—	
5152 2B 级环氧聚酯酚醛无溶剂滴浸漆	温度 (℃)	130	50~60	130	140	50~60	130	140
	时间 (h)	6	0.5	12~15 min	10	3~15 min	15min	12
	热态绝缘	>20MΩ		·	>8MΩ			>2MΩ
319 2F 级不饱和聚酯无溶剂滴浸漆	温度 (℃)	130	50~60	150	150	50~60	150	155
	时间 (h)	6	0.5	3	4	3~15 min	3	7
	热态绝缘	>20MΩ		·	>10MΩ	·	·	>5MΩ

注　本工艺也可用于小型定子绕组滴浸工艺。

附录一　单相及民用电机绕组布线接线彩色图例

本书附录收入单相及家用、民用电机绕组布接线 203 例，用黄、绿、红、黑四色绘制成彩图 253 幅。绕组布接线采用端面模拟画法，为便于读者读图，特作说明如下：

（1）彩图是根据绕组在铁心端面分布的状况绘制而成，其中大圆表示定子（或转子）铁心，小图是槽中线圈有效边。单层绕组由一层小圆表示；双层绕组用双层小圆表示。除说明外，一般以线圈（下层）号代表槽号。

（2）线圈组由一至几个线圈顺接串联而成（即同方向连接），为简化起见，同一线圈组内的过线省略不画。

（3）双层绕组每槽有两个有效边，采用交叠嵌法时有上、下层之分，但单层绕组每槽仅一边，交叠嵌法的先嵌边端部被后嵌边压住，故将一个线圈的先嵌边称“沉边”，后嵌边称“浮边”。

（4）附录一彩图力求与附录二各类电机绕组数据表中的绕组型式相对应，但由于厂家众多，难免与实际不符，特别是换向器式转子绕组的接线非常复杂，会因厂家不同或同厂家而不同时期的产品而采用不同的接线。所以，修理时要查清原始接线方可参考图例进行，千万不要贸然按图接线，以免造成错误。

（5）彩图的色别代表绕组的相别，但因绕组型式而不同，故具体要参看各节的图例说明。

彩图 1　单相国产 JX、DO、DO_2 系列电容运转电动机绕组布线接线图

单相国产系列电容运转电动机属运行型单相电动机，主要包括早期的 JX 新老系列、DO 系列和 DO_2 改进系列。本节除标准产品外，还收入个别厂家曾用的变异品种。单相电容电动机有两相对称和不对称绕组，但以对称居多，系列产品中多为此类，它的主、副绕组参数不同，但布线型式可以不同也可相同，除早期产品采用非正弦的单相绕组型式外，目前均用正弦绕组分布；而且除个别槽数较少的电动机外，一般都采用主、副绕组相同的布线方案。本节根据国产系列电容电动机绕组绘制成端面模拟布接线图 12 例，供修理时参考。为便于读者看图，特作说明如下：

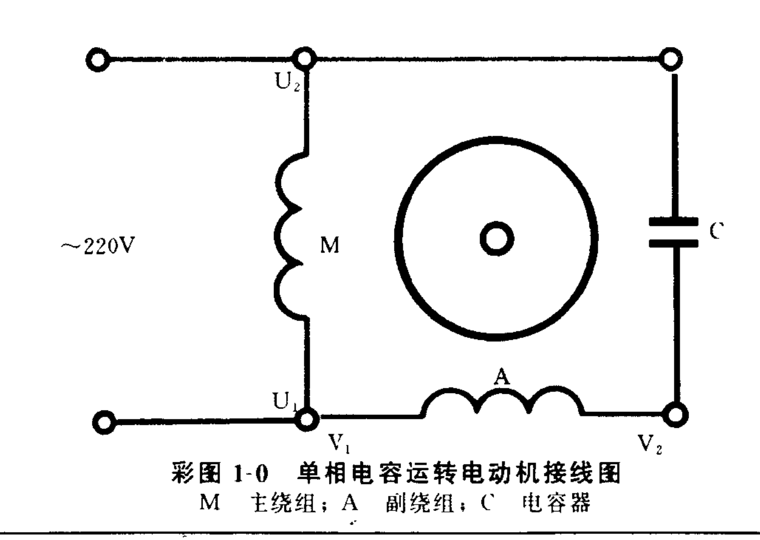
（1）本节图例用彩色绘制，主绕组为黄色，副绕组为绿色，公共绕组用红色。

（2）正弦绕组主要参数意义及标题含义可查阅正文解述。

（3）单相电容运转电动机有 4 根出线，其中主绕组出线标号为 U_1、U_2；副绕组标号为 V_1、V_2。若主、副绕组同极性端并接电容，另一同极性端连结成公共点时，电动机转向为顺时向；若要反转，可将副绕组（或主绕组）一相调反。

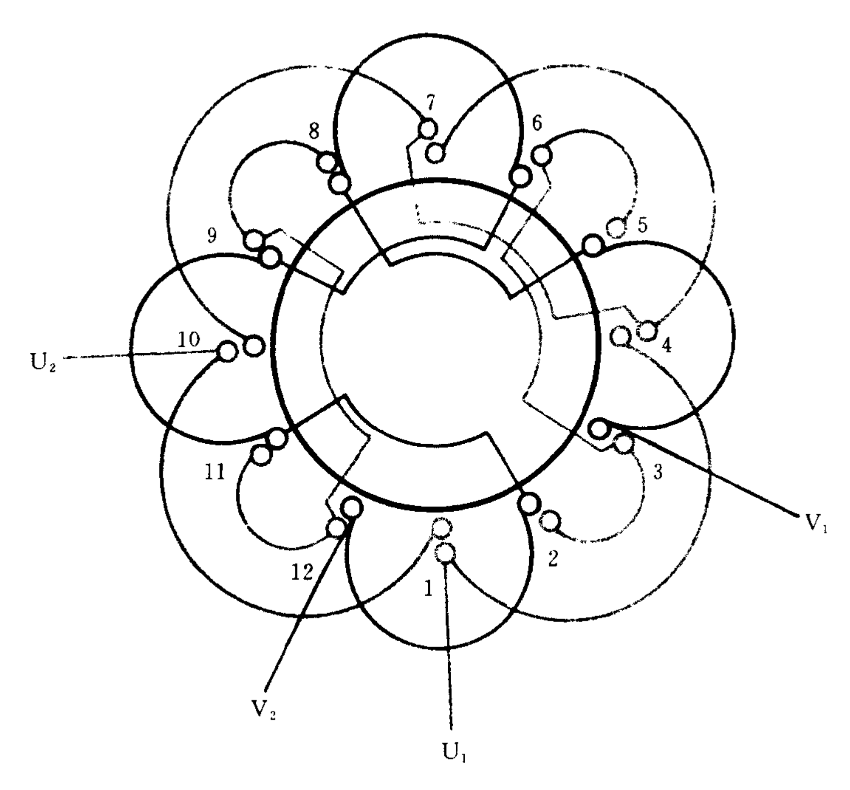
（4）老系列电动机个别绕组设计成△形绕组，引出线 3 根，主绕组出线为 U、副绕组为 V、公共绕组出线 G，电容器则并接于 V　G 之间。

（5）单相电容运转电动机的起动移相元件是电容器，它与副绕组串联后再接入电源，与主绕组并联运行。其接线原理如彩图 1-0 所示。



彩图 1-0　单相电容运转电动机接线图
M　主绕组；A　副绕组；C　电容器

1-1 四极 12 槽电容运转电动机 2/1—A/B 正弦绕组



彩图 1-1 四极 12 槽电容运转电动机 2/1 A/B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=12$ 电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=12$ 线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=2$ 副相每组 $S_a=1$

极相槽数 $q=1\frac{1}{2}$ 绕组极距 $\tau=3$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1 1a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-1。

3. 绕组结构及布接线特点

附表 1-1a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
2A	1—4	50	0.75	单链	3 5	100	0.866
	2 3	50					

此绕组是正弦绕组的特殊型式，主绕组是 A 类安排，每组由 2 只同心线圈组成；副绕组则采用 B 类安排 4 只线圈，即每线圈为一组，故呈单链布线。此绕组虽已排满双层，但因槽数太少，绕成正弦绕组仍难以形成完整的正弦波形气隙磁势，故存在较大的高次谐波干扰。但由于线圈少，节距短，嵌线相对容易些，所以常用于小功率的单相电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌线方法：

（1）分层交叠法。大体采用分层嵌线，但主绕组大线圈呈交叠布线如彩图 1-1 所示，其嵌线顺序见附表 1-1b。

附表 1-1b 分层交叠法

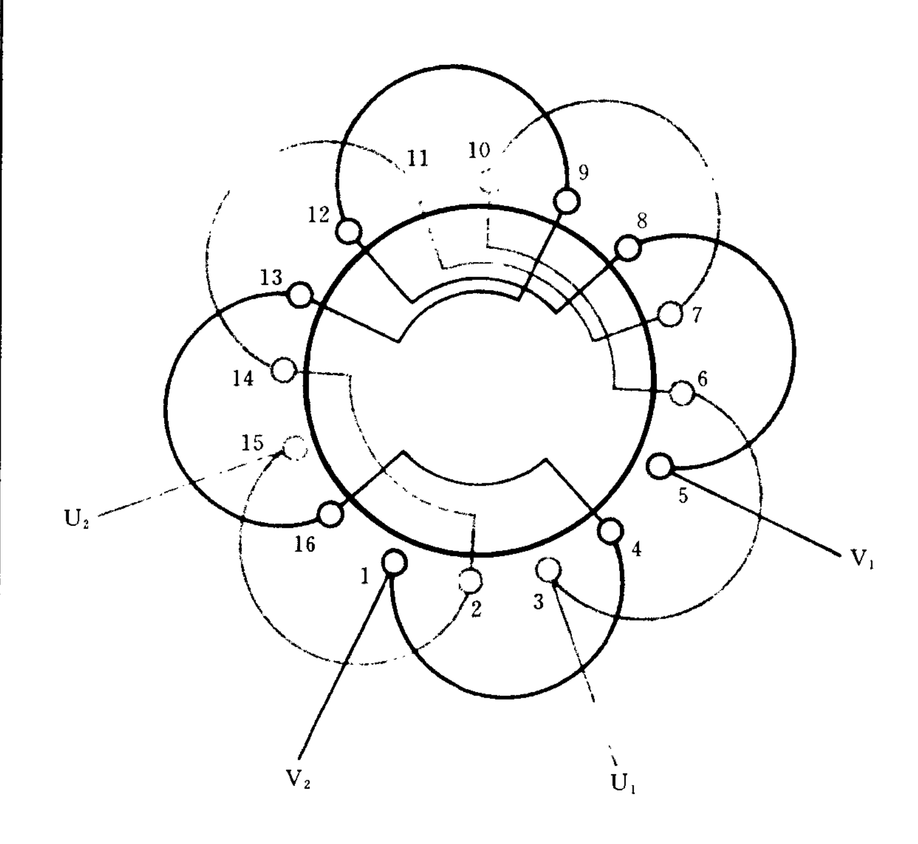
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	11	12	10	8	9	7		5	6	4		2
	上层							10				7	
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	3	1										
	上层			4	1	12	2	9	11	6	8	3	5

（2）分层整嵌法。嵌线时除主、副绕组分层嵌入之外，主绕组的大线圈也采用整圈嵌线，故要对称嵌入，嵌线顺序见附表 1-1c。

附表 1-1c 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	3	1	4	8	9	7	10	11	12		
	上层											10	1
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	5	6										
	上层			4	7	12	2	9	11	6	8	3	5

1-2　四极16槽电容运转电动机1/1—B单链绕组



彩图1-2　四极16槽电容运转电动机1/1　B单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=8$　　线圈组数　$u=8$

每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=2$

绕组极距　$\tau=4$　　线圈节距　$Y=3$

绕组系数　$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图1-2。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组采用显极布线，线圈为等节距，且小于绕组极距，较省线材。主、副绕组各由4只线圈组成，同相相邻线圈极性必须相反，故同相相邻线圈连接是“尾与尾”或“头与头”相接。本例绕组在系列电机中仅用于老系列的个别电机，但常用于单速电扇和外接电抗器调速电扇的单相电容运转电动机。

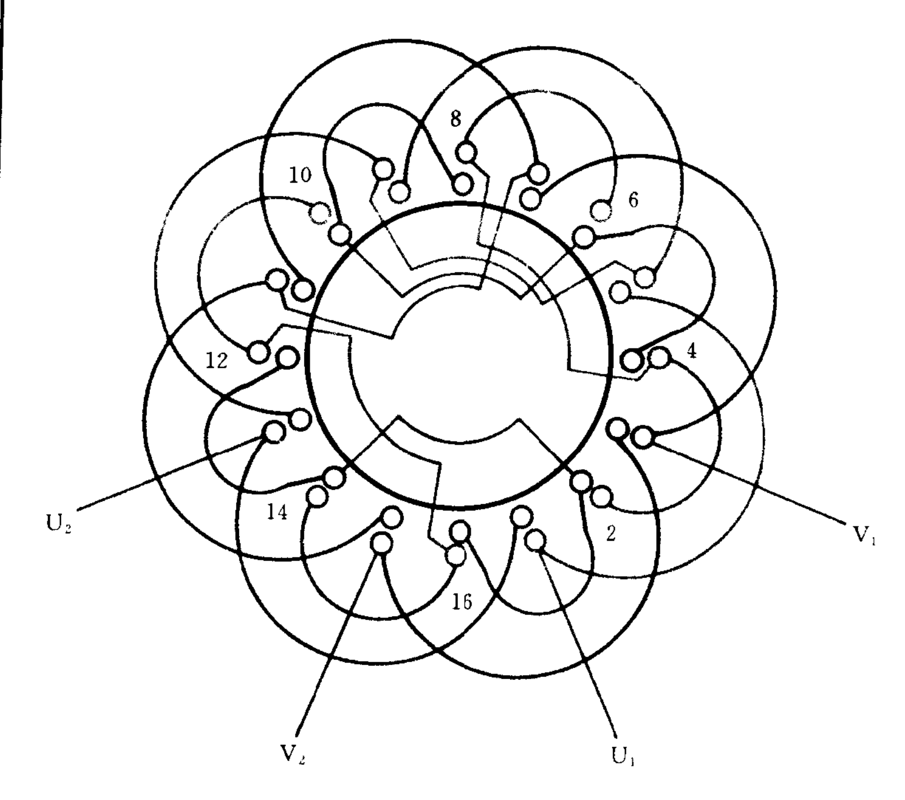
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分层嵌线，先将主绕组线圈逐个嵌入相应槽内，再嵌副绕组于面，使主、副绕组分置于上、下两层面而形成双平面绕组。嵌线顺序见附表1-2。

附表1-2　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	15	2	11	14	7	10	3	6								
	上平面									1	4	13	16	9	12	5	8

1-3 四极 16 槽电容运转电动机 2/2—A 正弦绕组



彩图 1-3 四极 16 槽电容运转电动机 2/2 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$ 电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=16$ 线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=2$ 副相每组 $S_a=2$

极相槽数 $q=2$ 绕组极距 $\tau=4$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-3a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-3。

3. 绕组结构及布接线特点

附表 1-3a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
2A	1 5	41.4	0.828	2A	3 7	41.4	0.828
	2 4	58.6			4 6	58.6	

本例主、副绕组布线方案相同，均采用 A 类满圈安排，即绕组呈双层形式布线，但线圈匝数则按正弦规律分布。每相由 4 组线圈组成，每组由大、小两只同心线圈构成。绕组属显极布线，同相相邻线圈组极性相反，即"尾接尾"或"头接头"。此绕组槽满率较高，且能削减部分 3、5 次谐波影响，但 7 次以上谐波成分仍较大。

4. 绕组嵌线工艺要点

此绕组可用分层嵌线，但大节距线圈为同槽同相线圈边，故具体可采用两种嵌法：

（1）分层整嵌法。此法无需吊边，线圈组对称嵌入，嵌线顺序见附表 1-3b。

附表 1-3b 分层整嵌法

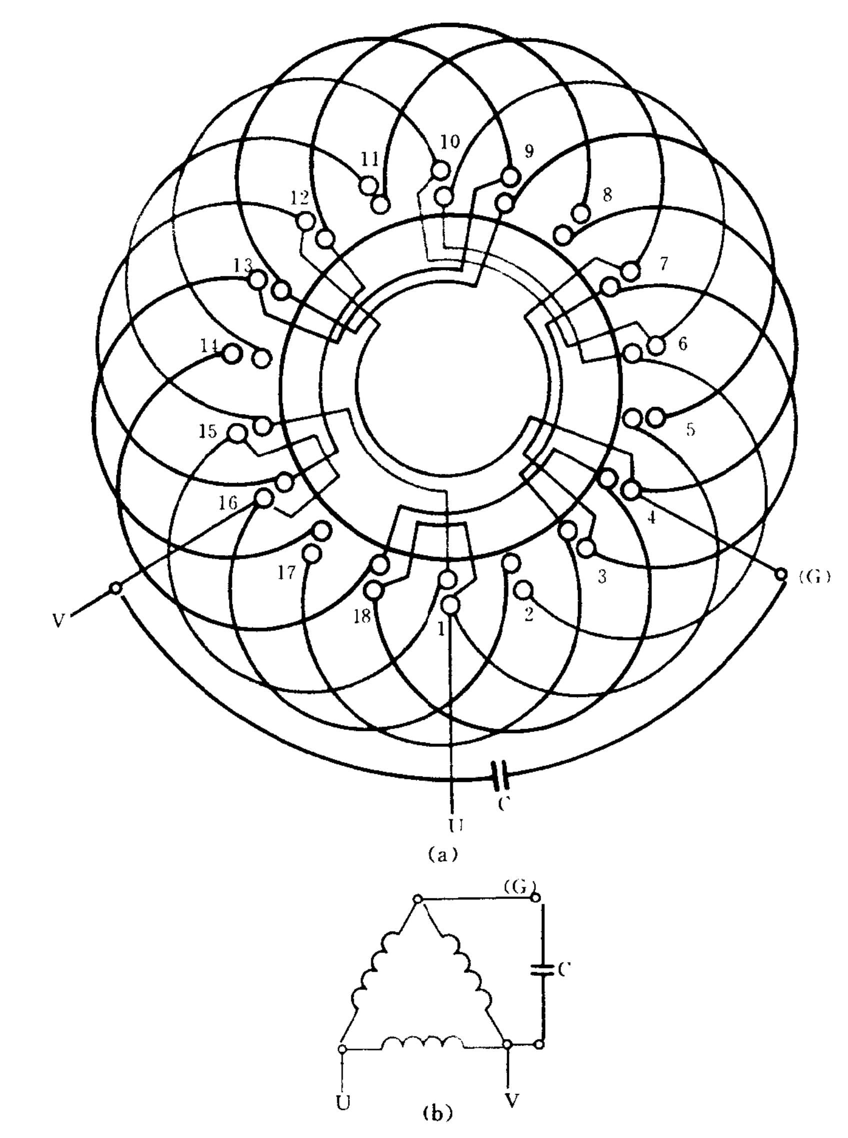
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	4	1	5	10	12	9	13	6	8			14	16				
	上层											5	9			13	1	4	6
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	3	7			11	15												
	上层			12	14			8	10	7	11	16	2	15	3				

（2）分层交叠法。嵌线需吊 1 边，先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 1-3c。

附表 1-3c 分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	14	16	13	10	12	9		6	8	5		2	4	1				
	上层							13				9				5	1	16	2
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	15			11				7				3						
	上层		12	14		15	8	10		11	4	6		7	3				

1-4　四极 18 槽电容运转电动机双层叠式△形绕组



彩图 1-4　四极 18 槽电容运转电动机双层叠式△形绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) 单相△形接线原理图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=18$　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=18$　线圈组数　$u=12$

每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$

绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$　线圈节距　$Y=4$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是单相△形接法，绕组的布线结构与三相电动机基本相同，但三相绕组的参数可以不同，其接线原理见彩图 1-4 (b)。此绕组采用双层叠式布线，每相绕组线圈数均为 6 只，即每组线圈数是 $1\frac{1}{2}$，故需归并 1/2 圈而成为单双圈分布。同相相邻线圈组是反极性串联，即“尾接尾”或“头接头”。此绕组主要应用于老系列的电容运转电动机。

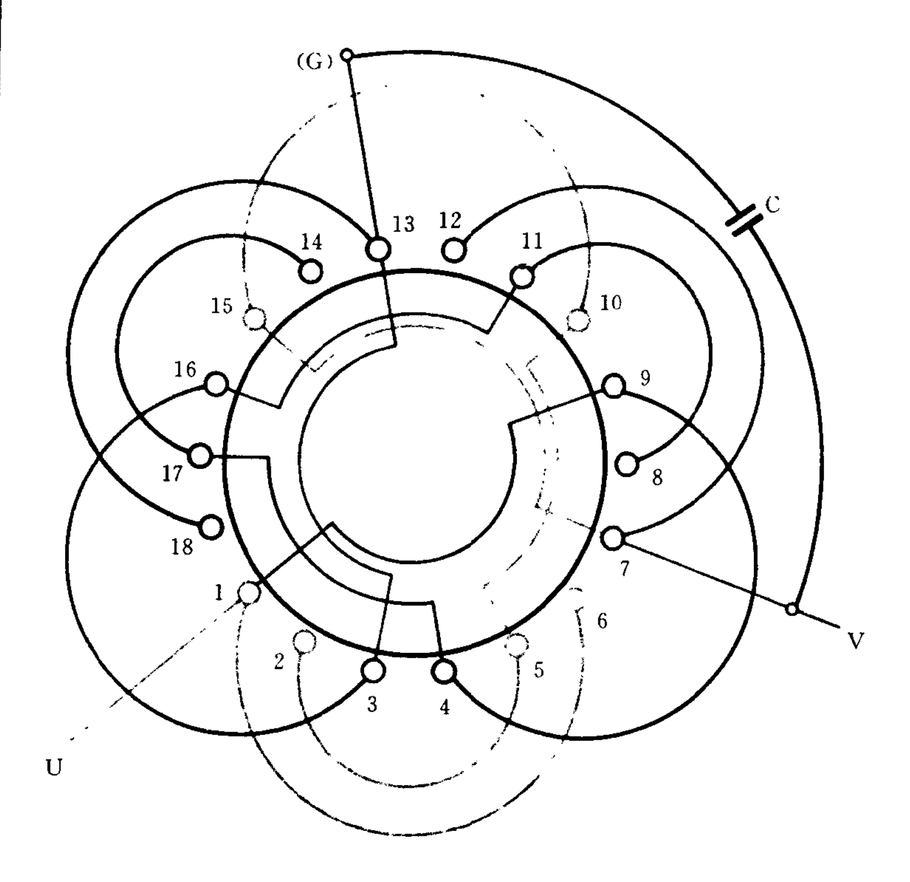
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，嵌一槽向后退，再嵌一槽再后退，吊边数为 4，从第 5 只线圈起开始整嵌。但嵌线时除注意单双联交替轮换嵌入外，还要注意三套绕组参数是否相同，要按图进行布线，不得混淆。嵌线顺序见附表 1-4。

附表 1-4　　**交　叠　法**

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	15	14	13	12	11		10		9		8		7		6		5	
	上层						15		14		13		12		11		10		9
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	4		3		2		1		18		17		16					
	上层		8		7		6		5		4		3		2	1	18	17	16

1-5　四极 18 槽电容运转电动机单层同心交叉式△形绕组



彩图 1-5　四极 18 槽电容运转电动机单层同心交叉式△形绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=18$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=9$　　线圈组数　$u=6$

每组圈数　$S=1\frac{1}{2}$　　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$

绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$　　线圈节距　$Y-5$、3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1 5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用较特殊的型式，即单相电动机按三相安排绕组，并按角形连接，其单相接线原理参看彩图 1 4(b)，即主绕组出线为 U，副绕组出线 V，附加绕组出线 G，移相电容器并接于 V　G 之间，单相电源从 U　V 输入。本例从上例演变而来，由于采用单层庶极布线，每相仅用 2 组线圈，而且接线规律是“头与尾”相接，即两组顺接串联以形成 4 极。此绕组较上例具有线圈数少、接线方便、嵌线容易等优点，见用于老系列单相电容运转电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例可用两种嵌法：

(1) 交叠法。嵌法与普通单层绕组相同，即嵌 2 槽，退空 2 槽嵌 1 槽，再退空 1 槽嵌 2 槽……。如果线圈参数不同则要注意区分，嵌线顺序见附表 1-5a。

附表 1-5a　　　　交　叠　法

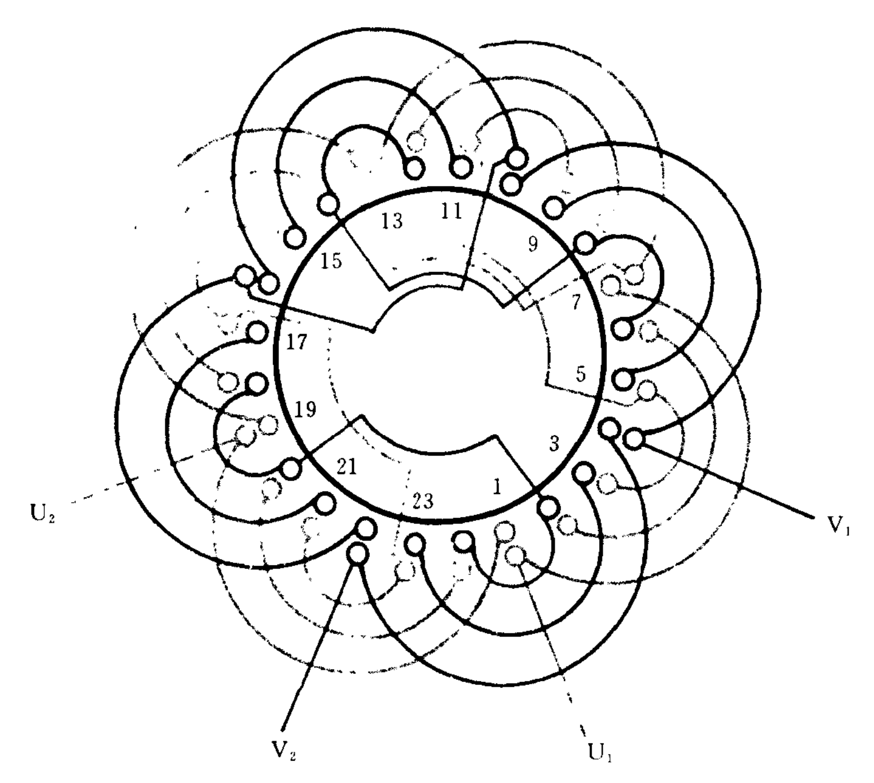
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	16		14		13		10		8		7		4			
	浮边				3		17		18		15		11		12		9	5	6

(2) 整嵌法。此法嵌线无需吊边，比较方便。嵌线时先嵌双圈组，完成后再嵌单圈组，使之形成双平面绕组。嵌线顺序见附表 1-5b。

附表 1-5b　　　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	5	1	6	14	17	13	18	8	11	7	12						
	上平面													4	9	16	3	10	15

1-6 四极 24 槽电容运转电动机 3/3—A 正弦绕组



彩图 1-6 四极 24 槽电容运转电动机 3/3 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 Z 24　　电机极数 $2p-4$

总线圈数 $Q=24$　　线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=3$　　副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=3$　　绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-6a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-6。

3. 绕组结构及布接线特点

附表 1-6a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
3A	1—7	26.8	0.804	3A	4—10	26.8	0.804
	2—6	46.4			5—9	46.4	
	3—5	26.8			6—8	26.8	

绕组采用 A 类正弦方案，每极均由 3 只同心线圈组成，最大节距线圈同槽同相，主、副绕组满圈分布而构成双层布线，故槽满率较高。此绕组能基本消除 3、5、7 次谐波干扰而获得良好的电气性能，除适用于电容运转电动机外，也用于起动型电动机，是系列电动机应用较多的绕组型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌线：

(1) 分层交叠法。主、副绕组分层嵌线，各层均有 1 个吊边。嵌线顺序见附表 1-6b。

附表 1-6b　　分层交叠法

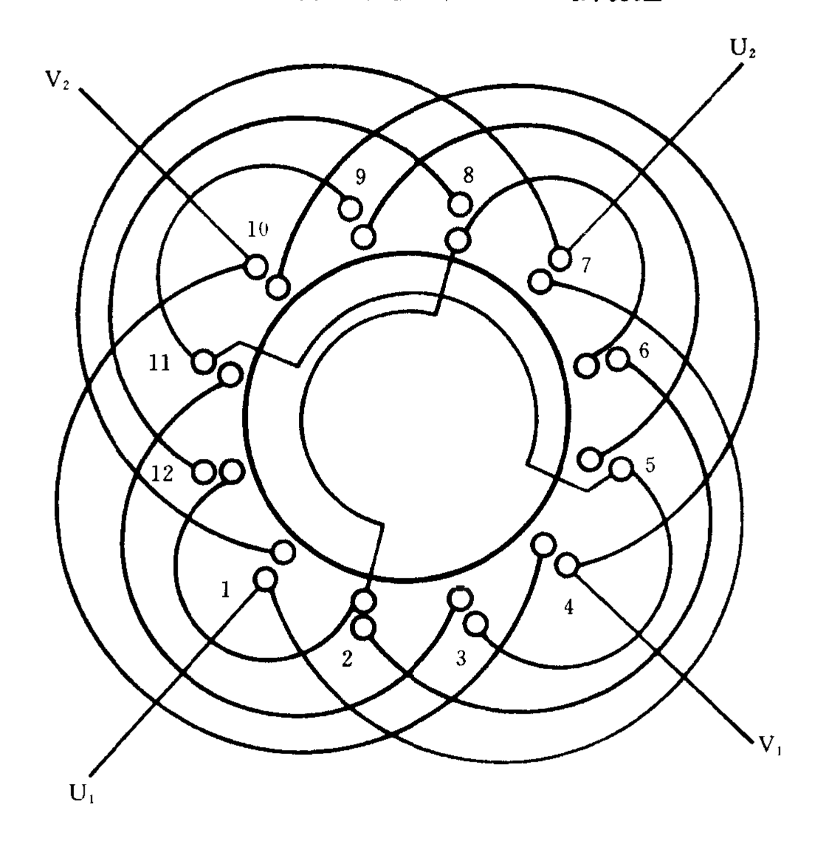
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	21	23	20	24	19	15	17	14	18	13		9	11	8	12	7		3	5	2	6	1		
	上层											19						13						7	1
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层					22					16						10						4		
	上层	21	2	23	3		18	20	17	24		22	12	14	11	15		16	6	8	5	9		10	4

(2) 分层整嵌法。嵌线无需吊边，先嵌主绕组，后嵌副绕组，大节距线圈对称嵌入。嵌线顺序见附表 1-6c。

附表 1-6c　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	3	5	2	6	1	7	15	17	14	18	13	19	9	11	8	12			21	23	20	24		
	上层																	7	13					19	1
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层					4	10					16	22												
	上层	6	8	5	9			18	20	17	21			12	14	11	15	10	16	24	2	23	3	22	4

1-7 二极 12 槽电容运转电动机 3/3—A 正弦绕组



彩图 1-7 二极 12 槽电容运转电动机 3/3 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=12$ 电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=12$ 线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=3$ 副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-7a。

附表 1-7a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
3A	1 7	26.8	0.804	3A	4 10	26.8	0.804
	2—6	46.4			5 9	46.4	
	3 5	26.8			6 8	26.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-7。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用 A 类满圈安排成双层布线，即正弦布线方案均为 3A，每极线圈 3 只，大线圈两有效边同相，绕组占槽率较高，能有效消除 3、5、7 次谐波影响，故电气性能较好；但绕组系数较低，且线圈较多，槽内又要层间绝缘，绕组嵌绕工艺较耗工时。每相两组线圈是反极性串联，即“尾与尾”相接。主要应用于单相电容运转电动机。

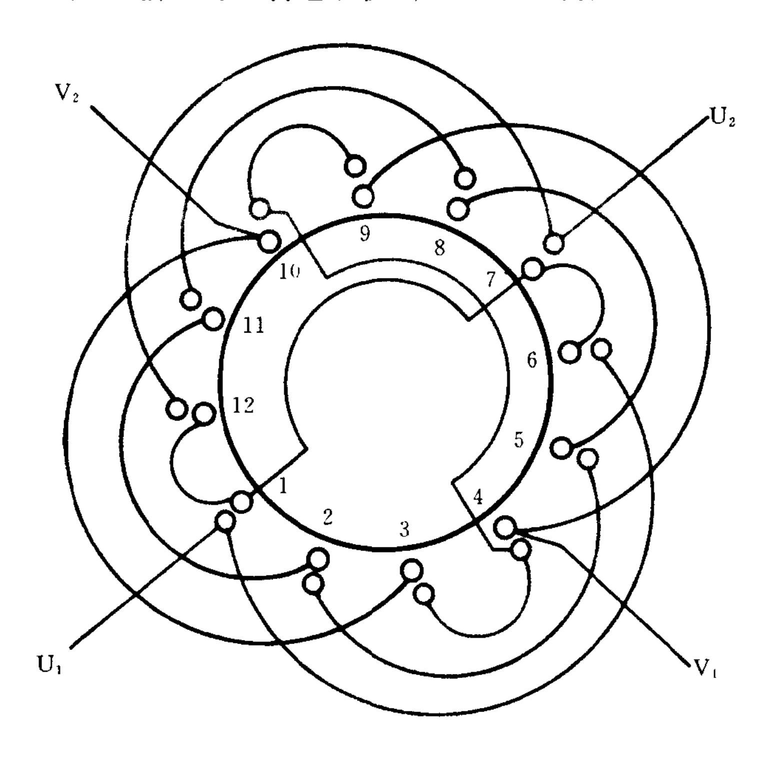
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组为正弦绕组满圈布线，各槽均安排双层，采用分层布线。嵌线顺序见附表 1-7b。

附表 1-7b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	3	5	2	6	1	7	9	11	8	12		
	上层											7	1
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层					4	10						
	上层	6	8	5	9			12	2	11	3	10	4

1-8 二极 12 槽电容运转电动机 3/3—B 正弦绕组



彩图 1-8 二极 12 槽电容运转电动机 3/3 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=12$ 电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=12$ 线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=3$ 副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-8a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-8。

附表 1-8a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u(%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_a(%)	K_{dpa}
3B	1—6	50	0.776	3B	4—9	50	0.776
	2—5	36.6			5—8	36.6	
	3—4	13.4			6—7	13.4	

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组采用相同的布线方案，每相均有 2 组线圈，每组由 3 只同心线圈组成，最大节距线圈小于极距，故属 B 类安排正弦绕组。由于全部槽均以双层的形式布线，绕组槽满率较高；而且最大节距线圈无需同相交叠，嵌线也不用吊边而能构成完全的双平面，但绕组系数略低于相应的 A 类布线。此绕组能有效地消除高次谐波影响而获得较好的正弦磁势，主要应用于单相电容运转电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

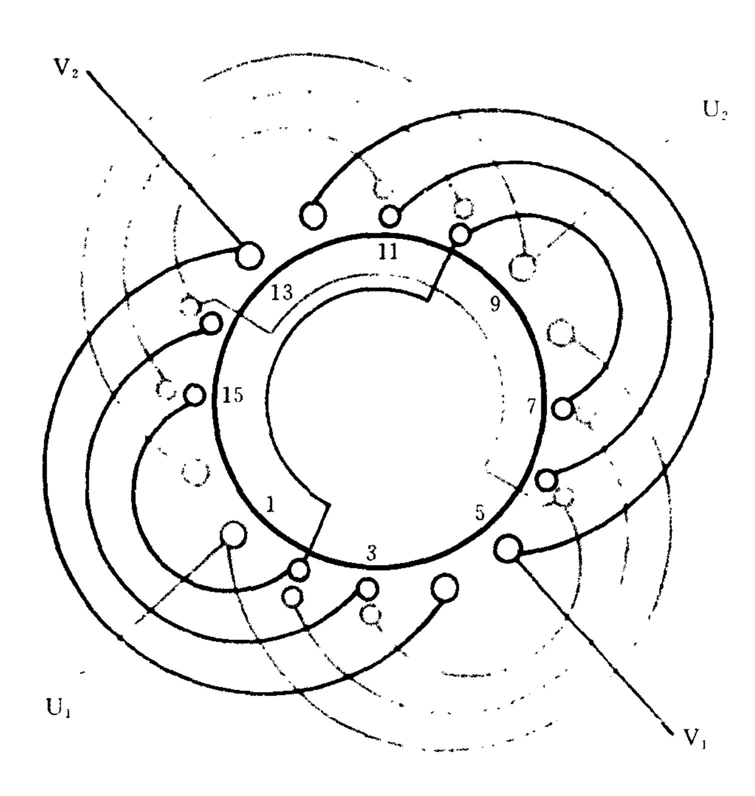
本绕组无同相同槽线圈边，宜用分层整嵌法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，从而使两绕组的端部构成完整的上、下层次。因每相仅有 2 组，且无交叠，故可将一相两组连绕，免去接线工序。嵌线顺序见附表 1-8b。

附表 1-8b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	3	4	2	5	1	6	9	10	8	11	7	12
	上平面												

嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面												
	上平面	6	7	5	8	4	9	12	1	11	2	10	3

1-9　二极 16 槽电容运转电动机 3/3—B 正弦绕组



彩图 1-9　二极 16 槽电容运转电动机 3/3—B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=12$　　线圈组数　$u=4$

主相每组　$S_m=3$　　副相每组　$S_a=3$

极相槽数　$q=4$　　绕组极距　$\tau=8$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-9a。

附表 1-9a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
3B	1　8	41.1	0.827	3B	5　12	41.1	0.827
	2　7	35.1			6　11	35.1	
	3　6	23.8			7　10	23.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-9。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组采用相同的布线方案，主、副绕组均为 3B，即每组原可满圈安排 4 只线圈，但实际缺 1 小线圈而仅有 3 只线圈，且最大节距小于极距，故系 B 类，而且有 8 槽安排单层布线。此绕组的绕组系数稍高，但气隙正弦波磁势分布不够完善，存在一定的 3、5、7 次谐波干扰。绕组主要用于老系列的电容运转电动机。

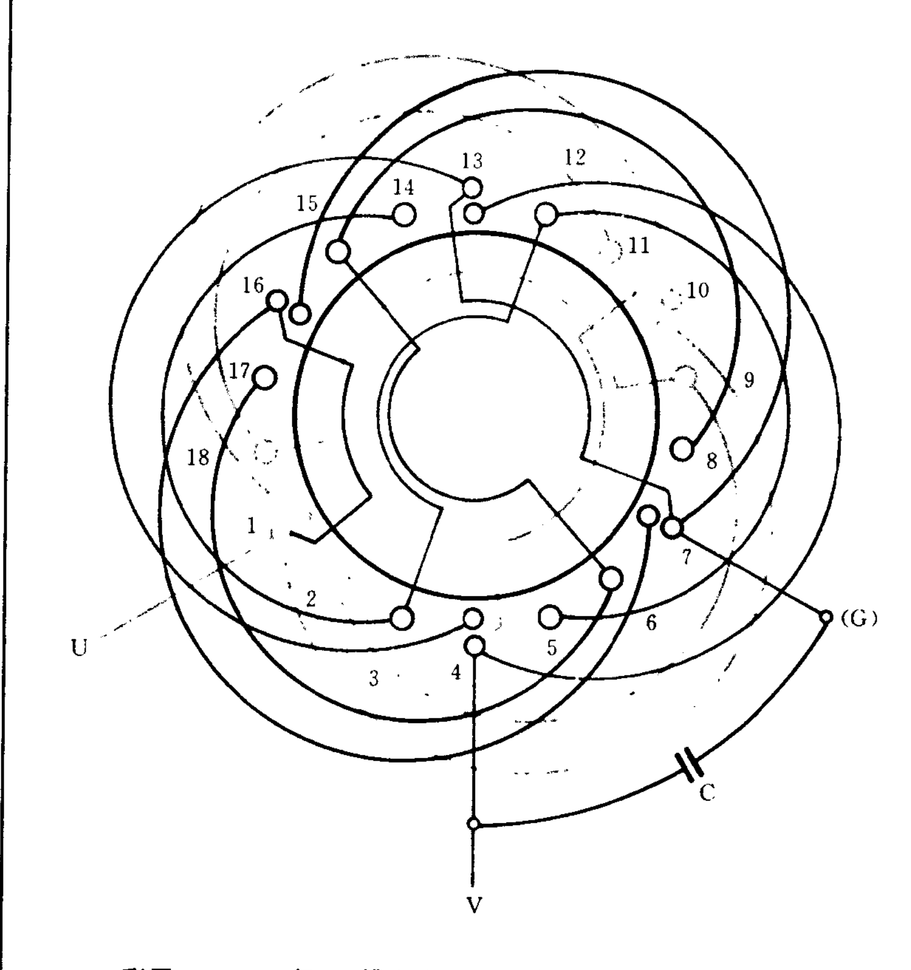
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可用连绕工艺，但要注意留足过线，主、副绕组分层嵌入构成双平面绕组。嵌线顺序见附表 1-9b。

附表 1-9b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	3	6	2	7	1	8	11	14	10	15	9	16
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	7	10	6	11	5	12	15	2	14	3	13	4

1-10 二极 18 槽电容运转电动机单层同心式△形绕组



彩图 1-10 二极 18 槽电容运转电动机单层同心式△形绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=18$　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=12$　线圈组数 $u=6$

每组圈数 $S=2$　极相槽数 $q=3$

绕组极距 $\tau=9$　线圈节距 $Y=9$、7

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为特殊型式的单相绕组，绕组的结构实质是三相绕组，并采用单双层混合布线，每组由大小两同心线圈组成，大线圈节距等于极距，用双层布线；小线圈为单层布线。绕组属于显极式，同相连接是反极性串联，即“尾与尾”相接。三相绕组连接成三角形后引出 3 根出线并将副绕组出线 V 与附加绕组出线 G 之间接上运转电容器如彩图 1-4（b）所示，电源从 U V 输入。此绕组仅用于老系列电容运转电动机。

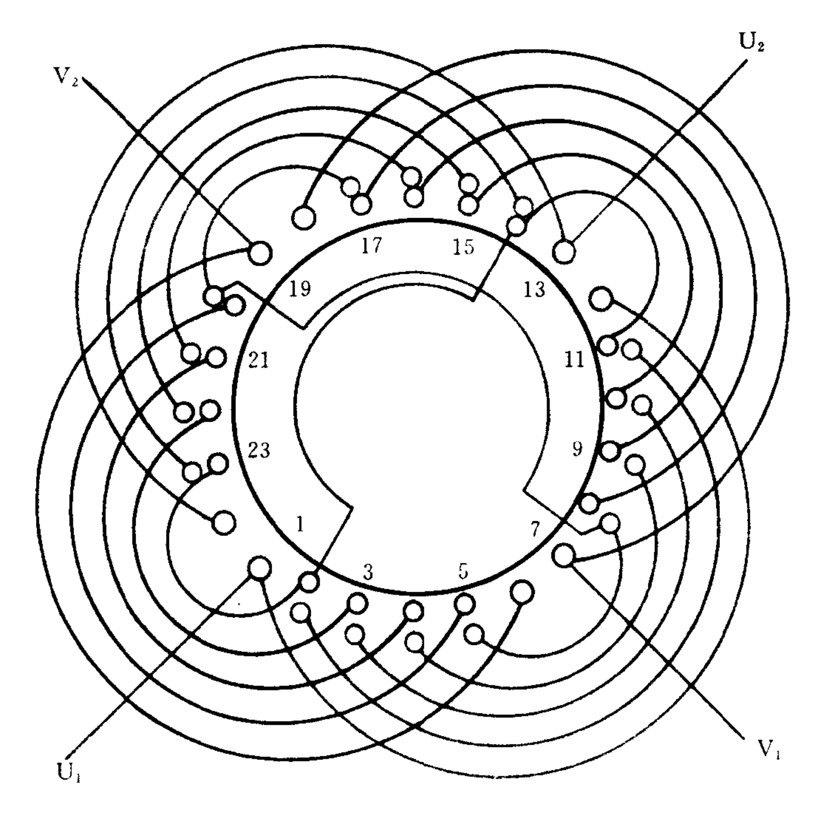
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌线采用交叠法，即嵌 2 槽，退空 2 槽再嵌 2 槽，如此类推，吊边数为 4。但嵌线时应注意三相线圈的数据是否相同，如不同则要按图交替轮换嵌入，不得混淆。嵌线顺序见附表 1-10。

附表 1-10　交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	沉边	2	1	17	16	14		13	11		10		
	浮边						3		4		18		1
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边	8		7		5		4					
	浮边		15		16		12		13	9	10	6	7

1-11　二极 24 槽电容运转电动机 5/5—B 正弦绕组



彩图 1-11　二极 24 槽电容运转电动机 5/5　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=20$　　线圈组数　$u=4$

主相每组　$S_m=5$　　副相每组　$S_a=5$

极相槽数　$q=6$　　绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-11a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 1-11。

附表 1-11a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
5B	1　12	26.8	0.806	5B	7　18	26.8	0.806
	2　11	25.0			8　17	25.0	
	3　10	21.4			9　16	21.4	
	4　9	16.5			10　15	16.5	
	5　8	10.3			11　14	10.3	

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组系 B 类正弦布线，主、副绕组均由 5 只同心线圈构成一极，即较满圈安排缺一小线圈，但仍能获得良好的气隙磁势，并能有效地削减 3、5、7 次谐波影响。此绕组是显极式，同相相邻线圈组是反极性相连，即用“尾与尾”相接。本方案在单相电动机应用较多，除单相电容运转电动机外，还用于起动型及家用冰箱电动机等。

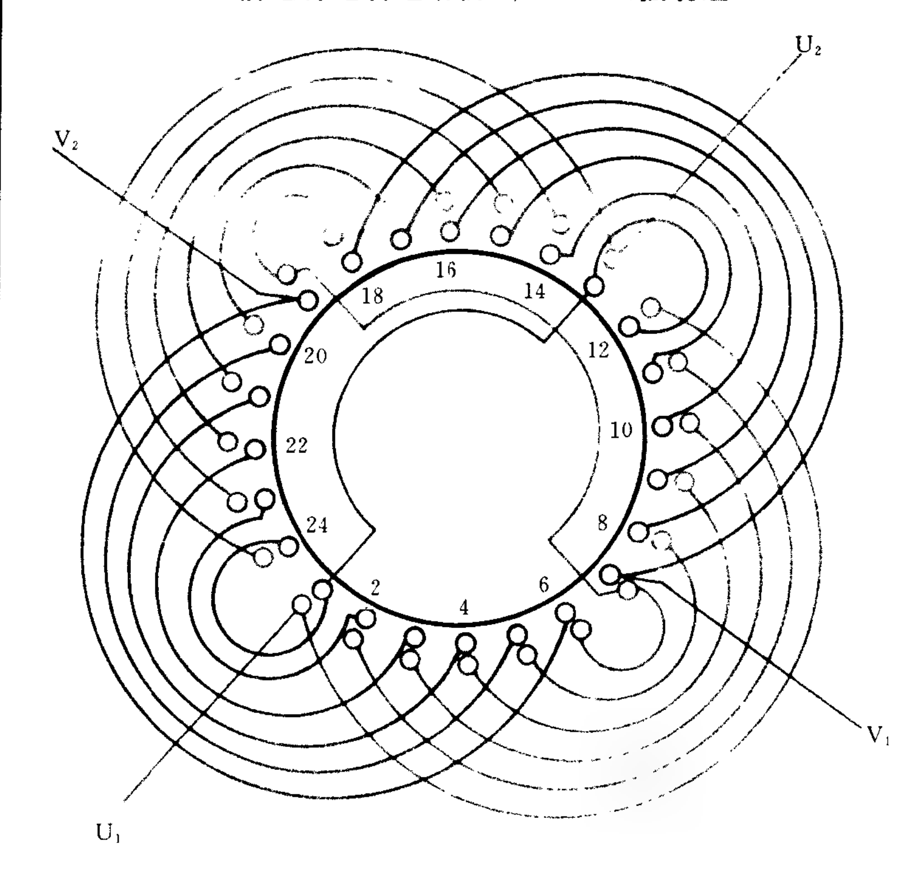
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组，后嵌副绕组，每组线圈则先嵌小线圈。嵌线顺序见附表 1-11b。

附表 1-11b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	22	14	23	13	24										
	上层						11	14	10	15	9	16	8	17	7	18
嵌绕次序		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
槽号	上层	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6					

1-12 二极 24 槽电容运转电动机 6/6 -B 正弦绕组



彩图 1 12 二极 24 槽电容运转电动机 6/6 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=24$ 线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=6$ 副相每组 $S_a=6$

极相槽数 $q=6$ 绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 1-12a。

2. 绕组布线接线图

附表 1-12a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_t（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_t（%）	K_{dpa}
6B	1 12	25.9	0.783	6B	7 18	25.1	0.783
	2 11	24.1			8 17	24.1	
	3 10	20.7			9 16	20.7	
	4 9	15.9			10 15	15.9	
	5 8	10			11 14	10	
	6 7	3.4			12 13	3.4	

绕组布线接线图见彩图 1-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用 B 类正弦满圈布线方案，全部槽均为双层布线，绕组系数较低，但能较有效地消除 3、5、7 次谐波分量而获得较好的电气性能。由于线圈较多，每极有 6 只线圈，而且小线圈仅 1 槽节距，绕线和嵌线都耗费工时。绕组是显极布线，同相两线圈组极性相反。此绕组既适用于运行型也用于起动型。

1. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整嵌法，先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 1-12b。

附表 1-12b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	18	19	17	20	16	21	15	22	14	23	13	24
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	12	13	11	14	10	15	9	16	8	17	7	18
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	上平面	24	1	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6

彩图 2　单相国产 JY、CO、CO_2 系列电容起动电动机绕组布线接线图

单相系列国产电容起动电动机属起动型的一种型式，它主要包括早期生产的 JY 新老系列、CO 系列及其改进的 CO_2 系列。单相电容起动电动机的副绕组仅参与起动时接入电源，起动后便脱离电源而空置，只有主绕组从起动状态到运行全过程都处于通电工作状态。所以，主、副绕组线圈参数不同，占槽率也不相同，在一般型式绕组中，通常取主、副绕组占槽率为 2：1，但系列产品均已采用正弦绕组，其比率不受此限，甚至可以取相同的布线方案。本节是根据国产系列的电容起动电动机绕组用端面模拟图绘制彩色布接线图 9 例，供修理者参考。为便于读者看图特作说明如下：

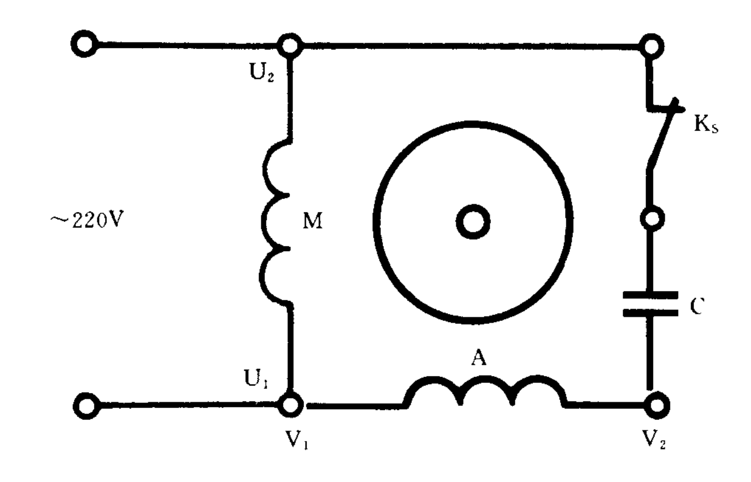
(1) 本节绕组布接线图用彩色绘制，其中绿色线条代表主绕组，红色线条为副绕组。

(2) 国产系列单相电容起动电动机出线 4 根，出线标号为 U_1、U_2（主绕组）和 V_1、V_2（副绕组）。

(3) 单相电容起动电动机转向是顺时针，其接线应使起动元件（电容器和起动开关）并接于主、副绕组同极性端，另一同极性端连成公共点，如彩图 2-0 所示。

(4) 电动机如需反转运行时可将其中一个绕组（主绕组或副绕组）调反接线。

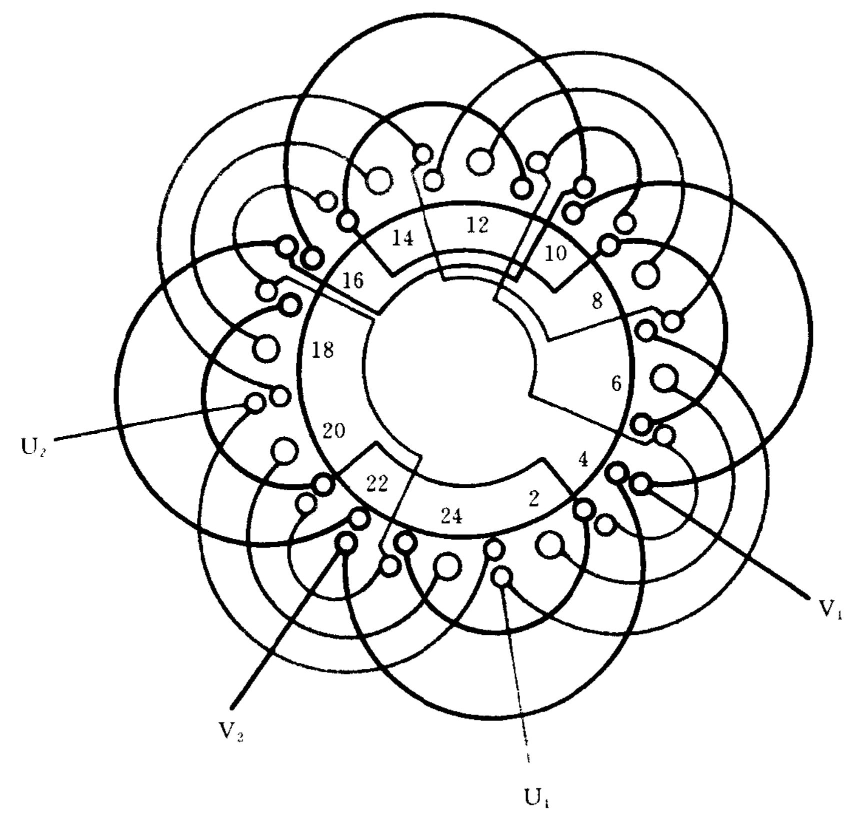
(5) 正弦绕组主要参数及标题含义查阅本书正文。



彩图 2-0　单相电容起动电动机接线图

M—主绕组；A—副绕组；C—起动电容器；K_S—起动开关

2-1 四极 24 槽电容起动电动机 3/2—A 正弦绕组



彩图 2-1 四极 24 槽电容起动电动机 3/2 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=20$　线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=3$　副相每组 $S_a=2$

极相槽数 $q=3$　绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每相匝比见表 2-1a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-1。

附表 2-1a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_a (%)	K_{dpa}
3A	1—7	26.8	0.804	2A	4 10	36.6	0.915
	2 6	46.4			5--9	63.4	
	3 5	26.8					

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组采用不同的正弦布线方案，主绕组是 3A，即由 3 只同心线圈组成，大线圈节距等于极距，与小线圈采用双层布线，而中线圈则系单层布线；副绕组则是 2A，即较主绕组减少一小线圈。主绕组是满圈安排，占槽率较高，谐波分量也较少，具有较好的电气性能，适用于起动型单相电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，但大节距线圈有两种嵌法：

(1) 分层交叠法。先嵌主绕组，后嵌副绕组，但两绕组的大节距线圈采用吊边嵌法，吊边数为 1。嵌线顺序见附表 2-1b。

附表 2-1b　分层交叠法

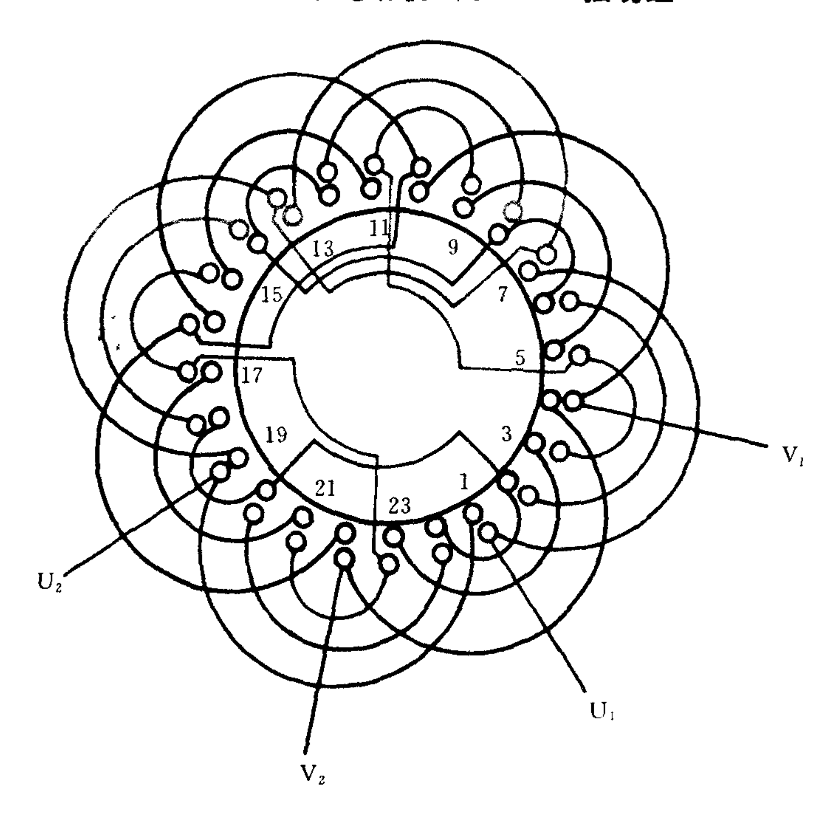
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	3	5	2	6	1	21	23	20	24	19		15	17	14	18	13		9	11	8
	上层											1						19			
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	12	7					4			22				16				10		
	上层			13	7	5	9		23	3		4	17	21		22	11	15		16	10

(2) 分层整嵌法。主、副绕组分别嵌线，但大线圈不交叠，故宜将同相线圈组对称嵌入。嵌线顺序见附表 2-1c。

附表 2-1c　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	3	5	2	6	1	7	15	17	14	18	13	19	9	11	8	12	7	13	21	23
	上平面																				
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下平面	20	24	19	1																
	上平面					5	9	4	10	17	21	16	22	11	15	10	16	23	3	22	4

2-2 四极 24 槽电容起动电动机 3/3—A 正弦绕组



彩图 2-2 四极 24 槽电容起动电动机 3/3 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=24$ 线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=3$ 副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-2a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-2。

附表 2-2a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主 绕 组				副 绕 组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_a（%）	K_{dpa}
3A	1—7	26.8	0.804	3A	4—10	26.8	0.801
	2 6	46.4			5 9	46.4	
	3 5	26.8			6 8	26.8	

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用相同的 A 类满圈安排，即大线圈节距等于极距，每组由 3 只同心线圈组成，两套绕组构成双层布线，故槽的利用率较高，气隙能基本形成正弦分布磁势，较有效地削减 3、5、7 次谐波干扰而获得良好的电气性能。此绕组在单相电动机中应用较广，既适用于起动型也可用于运行型。

4. 绕组嵌绕工艺要点

线圈绕制要区分两种不同参数，嵌线时不要错嵌。嵌线有两种方法：

（1）分层交叠法。主、副绕组分层嵌入，但大线圈交叠嵌线。嵌线顺序见附表 2-2b。

附表 2-2b 分层交叠法

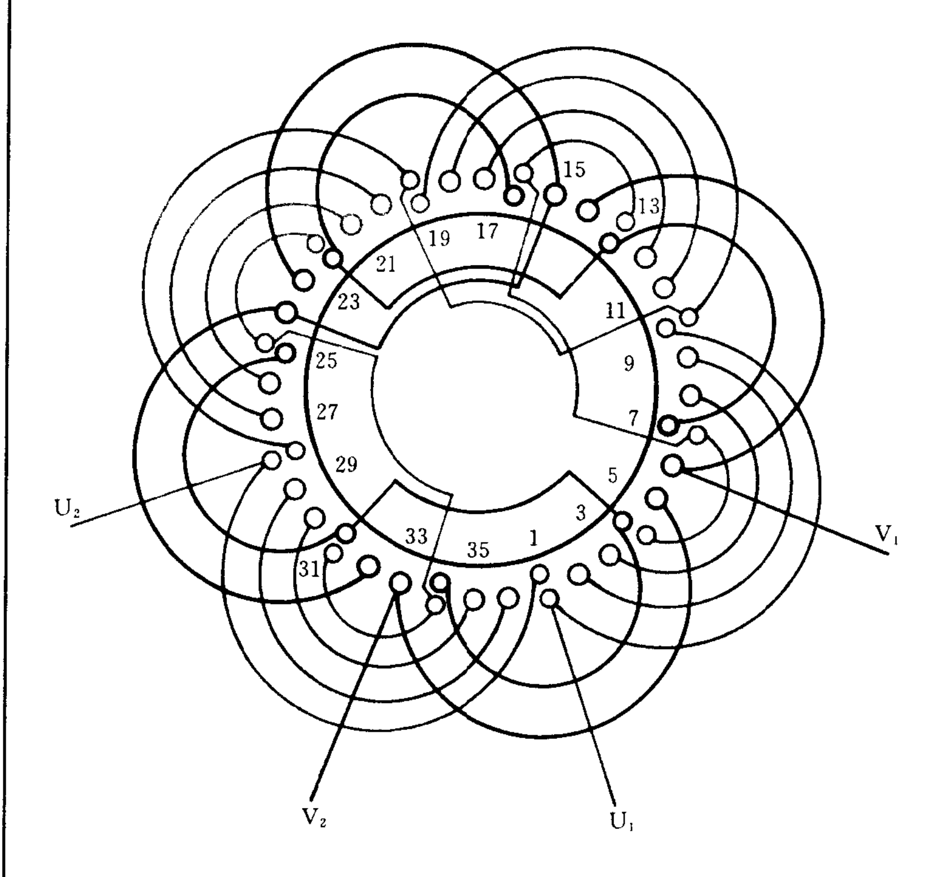
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	21	23	20	24	19	15	17	14	18	13		9	11	8	12	7		3	5	4	6	1		
	上层											19						13						7	1
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层					22					16						10						4		
	上层	24	2	23	3		18	20	17	21		22	12	14	11	15		16	6	8	5	9		10	4

（2）分层整嵌法。主、副绕组大线圈对称嵌入。嵌线顺序见附表 2-2c。

附表 2-2c 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	21	23	20	24	19	1	9	11	8	12	7	13	15	17	14	18
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	13	19	3	5	2	6	1	7								
	上平面									24	2	23	3	22	4	12	14
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	上平面	11	15	10	16	6	8	5	9	4	10	18	20	17	21	16	22

2-3　四极 36 槽电容起动电动机 4/2—A/B 正弦绕组



彩图 2-3　四极 36 槽电容起动电动机 4/2　A/B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=36$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=24$　　线圈组数　$u=8$

主相每组　$S_m=4$　　副相每组　$S_a=2$

极相槽数　$q=4\frac{1}{2}$　　绕组极距　$\tau=9$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-3a。

2. 绕组布线接线图

附表 2-3a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
4A	1—10	18.5	0.82	2B	6—14	52.2	0.928
	2—9	34.7			7—13	47.8	
	3—8	28.3					
	4—7	18.5					

绕组布线接线图见彩图 2-3。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组采用完全不同的布线方案，主绕组是 4A，即缺 1 圈的 A 类布线，每组由 4 只同心线圈构成；副绕组是 2B，即每极缺 2 圈，每极仅用 2 只线圈，而且大线圈节距小于极距，是一种比较典型的起动型绕组。由于主绕组占槽较多，布线合理，可基本消除 3、5、7 次谐波干扰。绕组是显极式布线，同相相邻线圈组极性相反。绕组适用于起动型电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可用分层法嵌线，但主绕组有两种嵌法：

（1）分层交叠法。主绕组大线圈交叠嵌入，需吊起 1 边嵌线。嵌线顺序见附表 2-3b。

附表 2-3b　　分层交叠法

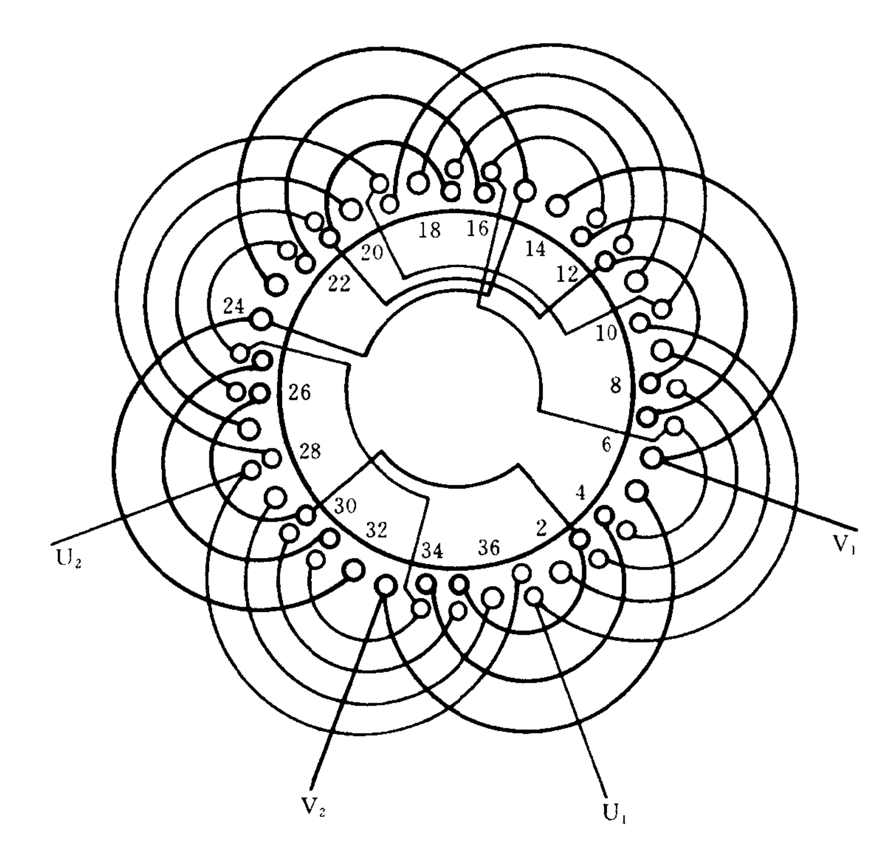
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	31	34	30	35	29	36	28	22	25	21	26	20	27	19		13	16	12	17	11	18	10		4
	上层															28								19	
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层	7	3	8	2	9	1																		
	上层							10	1	34	4	33	5	25	31	24	32	16	22	15	23	7	13	6	14

（2）分层整嵌法。主绕组对面嵌入，嵌线顺序见附表 2-3c。

附表 2-3c　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	31	34	30	35	29	36	28	1	13	16	12	17	11	18	10	19	22	25
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	21	26	20	27	19	28	4	7	3	8	2	9	1	10				
	上平面															34	4	33	5
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
槽号	上平面	25	31	24	32	16	22	15	23	7	13	6	14						

2-4 四极 36 槽电容起动电动机 4/3—A/B 正弦绕组



彩图 2-4 四极 36 槽电容起动电动机 4/3—A/B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=28$　　线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=4$　　副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=4\frac{1}{2}$　　绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-4a。

2. 绕组布线接线图

附表 2-4a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpa}
4A	1 10	18.5	0.82	3B	6 14	39.5	0.856
	2 9	34.7			7 13	34.8	
	3 8	28.3			8 12	25.7	
	4 7	18.5					

绕组布线接线图见彩图 2 1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组采用不同的布线方案，主绕组每极 4 只线圈，A 类安排，大线圈节距等于极距，该槽是同相双层线圈；副绕组每极 3 只线圈，B 类安排，大线圈节距小于极距，是单层线圈。此绕组能有效地削减高次谐波干扰，适用于起动型，也可用于运行型单相电动机。

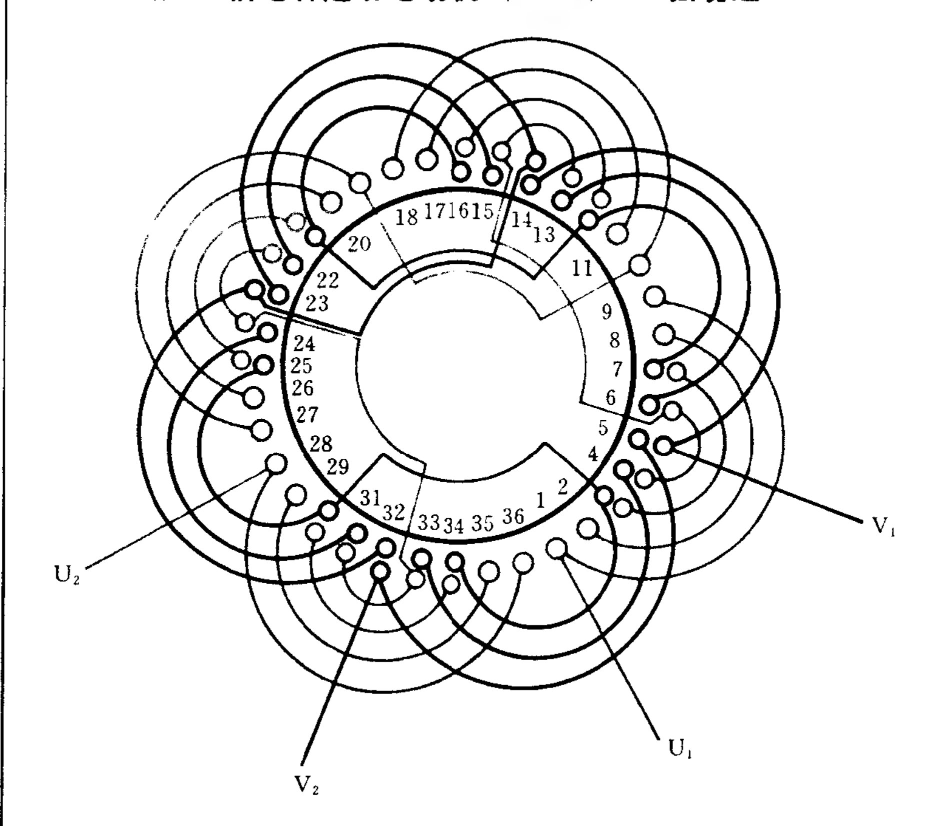
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可用两种方法嵌线，其变化仅在主绕组的大线圈，一种是分层整嵌，使最大节距线圈两有效边同处槽的底层或面层；另一种是分层交叠嵌线，即大线圈两有效边分置于两槽的上、下层如彩图 2-4 所示。附表 2 4b 仅介绍交叠嵌线的顺序。

附表 2-4b　　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	31	34	30	35	29	36	28	22	25	21	26	20	27	19		13	16	12	17	11
	上层															28					
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	18	10		4	7	3	8	2	9	1										
	上层			19								10	1	35	3	34	4	33	5	26	30
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
槽号	下层																				
	上层	25	31	24	32	17	21	16	22	15	23	8	12	7	13	6	14				

2-5　四极 36 槽电容起动电动机 4/3　B/A 正弦绕组



彩图 2-5　四极 36 槽电容起动电动机 4/3　B/A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=36$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=28$　　线圈组数　$u=8$

主相每组　$S_m=4$　　副相每组　$S_a=3$

极相槽数　$q=4\frac{1}{2}$　　绕组极距　$\tau=9$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-5a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-5。

附表 2-5a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
4B	1　9	34.6	0.793	3A	5　14	22.7	0.893
	2　8	30.6			6　13	12.6	
	3　7	22.7			7　12	31.7	
	4　6	12.1					

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组每极分别为 4 圈和 3 圈，与上例相同，但布线类型相反，即主绕组是 B 类安排，副绕组为 A 类安排。绕组占槽率较高，但绕组系数较低，基本能消除 3、5、7 次谐波干扰。绕组属显极布线，同相相邻线圈组为反极性，即接线是"尾与尾"或"头与头"相接。此绕组适用于起动型也适用于运行型，但国产系列单相电动机中仅见用于起动型。

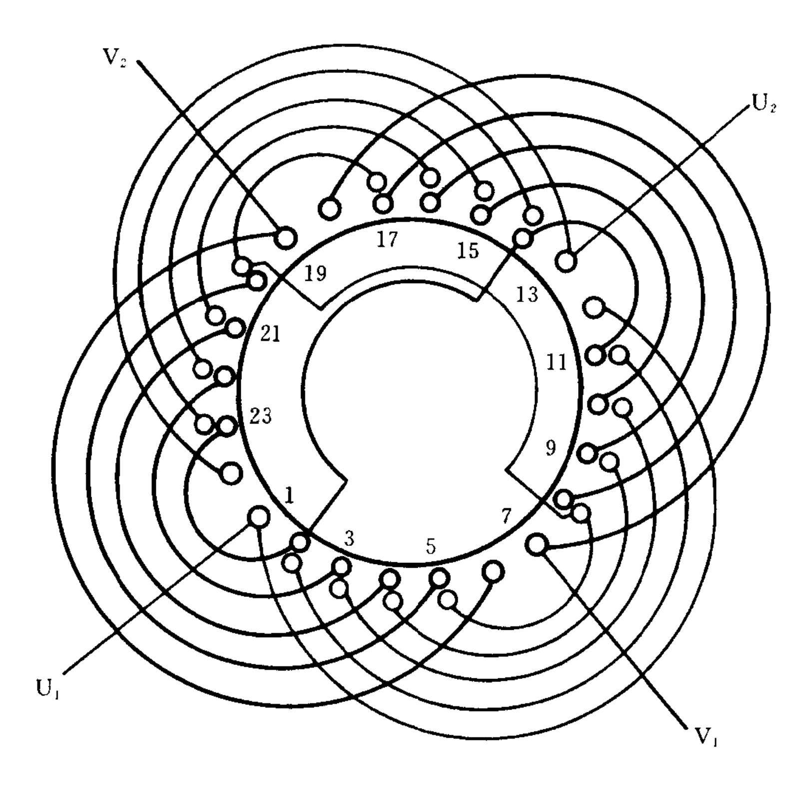
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例绕组中，主绕组线圈无交叠，故用整圈嵌线法嵌于底层，构成绕组下层面；副绕组嵌于面上，端部构成上层面，但其大线圈为同相槽而成为双层布线，故可有两种布线形式，本例采用交叠布线如彩图 2-5 所示，嵌线顺序见附表 2-5b。

附表 2-5b　　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	31	33	30	34	29	35	28	36	22	24	21	25	20	26	19	27	13	15	12	16
	上层																				
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	11	17	10	18	4	6	3	7	2	8	1	9					32			
	上层													34	3	33	4		25	30	21
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
槽号	下层		23						14						5						
	上层	31		32	16	21	15	22		23	7	12	6	13		14	5				

2-6　二极 24 槽电容起动电动机 5/5—B 正弦绕组



彩图 2-6　二极 24 槽电容起动电动机 5/5　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=20$　　线圈组数　$u=4$

主相每组　$S_m=5$　　副相每组　$S_a=5$

极相槽数　$q=6$　　绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-6a。

附表 2-6a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
5B	1　12	26.8	0.806	5B	7　18	26.8	0.806
	2　11	25			8　17	25	
	3　10	21.4			9—16	21.4	
	4　9	16.5			10　15	16.5	
	5　8	10.3			11　14	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-6。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均为 B 类正弦布线，每极舍去 1 小圈，用 5 只线圈组成极，也能有效地减弱 3、5、7 次谐波分量。绕组为显极布线，同相两组极性相反，即“尾与尾”连接。本方案是 24 槽电动机中应用较多的型式。

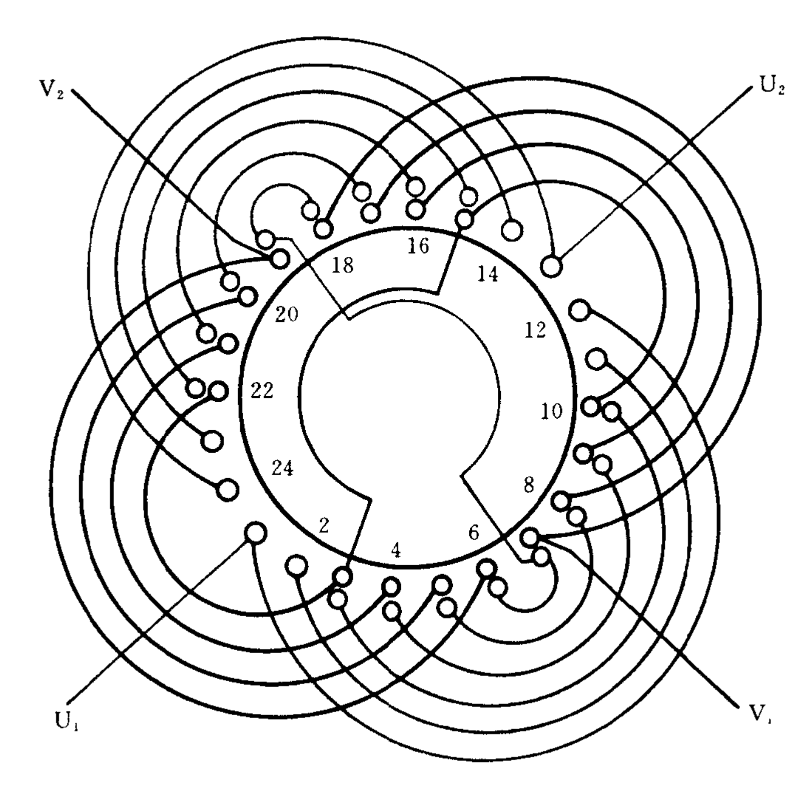
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用连绕工艺，但嵌线时要注意极性，同时还要注意主、副绕组不要混淆嵌入。嵌线采用分层整嵌，可构成完整的双平面绕组。嵌线顺序见附表 2-6b。

附表 2-6b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22	14	23	13	24
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	上平面	14	11	15	10	16	9	17	8	18	7	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6

2-7　二极 24 槽电容起动电动机 6/4—B 正弦绕组



彩图 2-7　二极 24 槽电容起动电动机 6/4　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=20$　　线圈组数　$u=4$

主相每组　$S_m=6$　　副相每组　$S_a=4$

极相槽数　$q=6$　　绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-7a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-7。

附表 2-7a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
6B	1　12	25.9	0.783	1B	7　18	29.9	0.855
	2　11	24.1			8　17	27.8	
	3　10	20.7			9　16	21.0	
	4　9	15.9			10　15	18.3	
	5　8	10.0					
	6　7	3.4					

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均采用 B 类安排正弦绕组，其中主绕组满圈，即每极 6 只线圈，最小节距仅为 1；副绕组安排缺两圈，每组为 4 只线圈。同相线圈组是反极性串联，即两组尾线相接。主绕组能形成较完善的正弦分布气隙磁势，运行性能较好。适用于起动型的单相电动机。

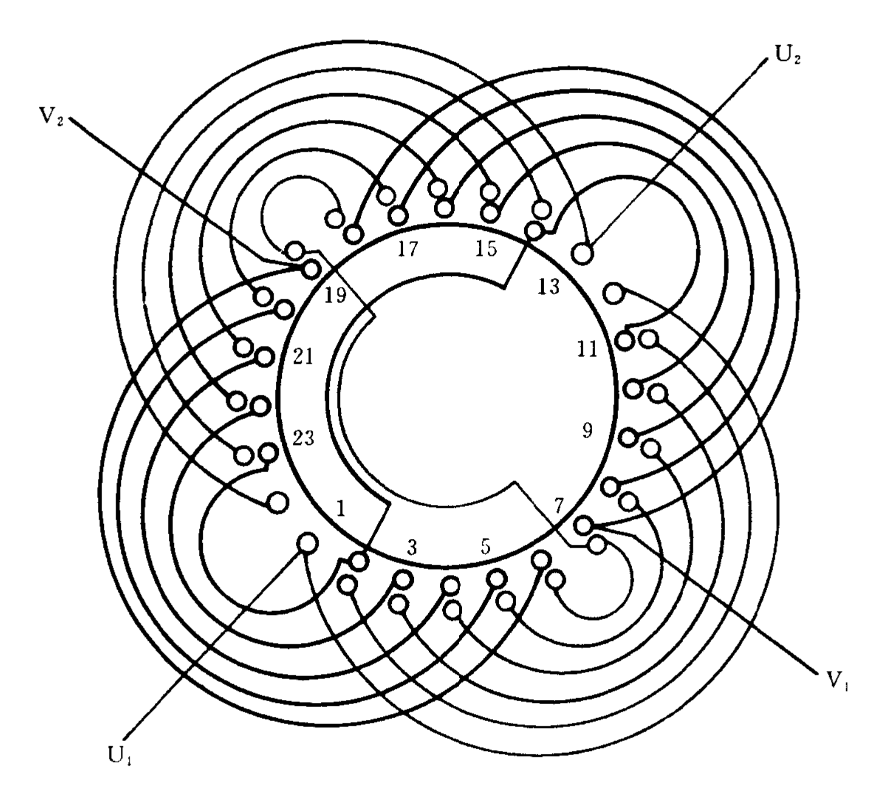
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线、先嵌主绕组，后嵌副绕组，构成较完整的双平面结构。嵌线顺序见附表 2-7b。

附表 2-7b　　分层整嵌法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号 下平面	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	18	19	17
嵌绕次序	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号 下平面	20	16	21	15	22	14	23	13	24						
槽号 上平面										10	15	9	16	8	17
嵌绕次序	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
槽号 上平面	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6					

2-8　二极 24 槽电容起动电动机 6/5—B 正弦绕组



彩图 2-8　二极 24 槽电容起动电动机 6/5　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=22$	线圈组数	$u=4$
主相每组	$S_m=6$	副相每组	$S_a=5$
极相槽数	$q=6$	绕组极距	$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-8a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-8。

附表 2-8a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
6B	1　12	25.9	0.783	5B	7　18	26.8	0.806
	2　11	24.1			8　17	25.0	
	3　10	20.7			9　16	21.4	
	4　9	15.9			10　15	16.5	
	5　8	10.0			11　14	10.3	
	6　7	3.4					

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用 B 类安排，主绕组是满圈，每组圈数为 6；副绕组缺 1 圈，每组圈数为 5。绕组系显极式布线，同相相邻组间反极性串联。此绕组主要应用于起动型单相电动机，但也可用于运行型电动机，其起动性能和运行性能均较好。

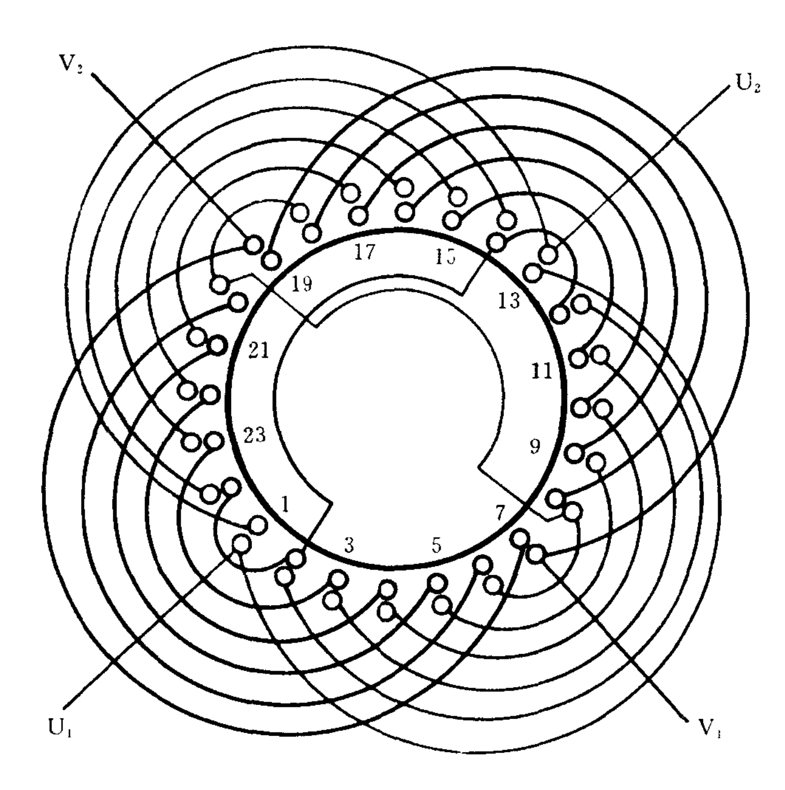
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层法嵌线，先嵌主绕组，后嵌副绕组，从而使两绕组端部形成明显的双平面结构。嵌线顺序见附表 2-8b。

附表 2-8b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下平面	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	18	19	17
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下平面	20	16	21	15	22	14	23	13	24						
	上平面										11	14	10	15	9	16
嵌绕次序		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
槽号	上平面	8	17	7	18	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6	

2-9 二极 24 槽电容起动电动机 6/6—A 正弦绕组



彩图 2-9 二极 24 槽电容起动电动机 6/6 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=24$　线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=6$　副相每组 $S_a=6$

极相槽数 $q=6$　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 2-9a

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 2-9。

3. 绕组结构及布接线特点

附表 2-9a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
6A	1—13	13.2	0.79	6A	7 19	13.2	0.79
	2 12	25.4			8 18	25.4	
	3 11	22.8			9 17	22.8	
	4 10	18.6			10 16	18.6	
	5 9	13.2			11 15	13.2	
	6 8	6.8			10 14	6.8	

本例主、副绕组每极线圈均为 6，是 A 类正弦满圈布线。能完全消除高次谐波影响而具有良好的起动和运行性能；但绕组系数较低，且线圈数多，嵌绕较费工时。此绕组能用于起动型和运行型，国产系列无此规格，但修理中有此型式，故本书收入，以供参考。

1. 绕组嵌绕工艺要点

主、副绕组分层嵌线，但其大线圈节距等于极距，是同槽同相，故嵌线呈交叠。嵌线顺序见附表 2-9b。

附表 2-9b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	6	8	5	9	4	10	3	11	2	12	1	18	20	17	21	16
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	22	15	23	14	24	13										
	上层							1	13	12	14	11	15	10	16	9	17
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层			7											19		
	上层	8	18		24	2	23	3	22	4	21	5	20	6		7	19

彩图 3　单相国产 JZ、BO、BO_2 系列分相起动电动机绕组布线接线图

单相系列国产分相起动电动机属起动型的一种型式，副绕组通过起动开关接入电源，与主绕组并联起动，达到 75%～85%额定转速后，副绕组被开关切断电源，由主绕组进入正常运行。最初的起动形式是副绕组外接电阻器进行分相起动的，故又称电阻起动电动机；后经改进设计，使副绕组增大阻性以代替外接电阻分相作用，故称分相电动机。目前，分相电动机多已采用正弦规律布线，通常取主绕组占槽比较高，但也有主、副绕组占槽相同的。本节是根据国产系列分相电动机绕组用端面模拟画法绘制彩色布接线图 7 例供修理参考。为便于读图，特作说明如下：

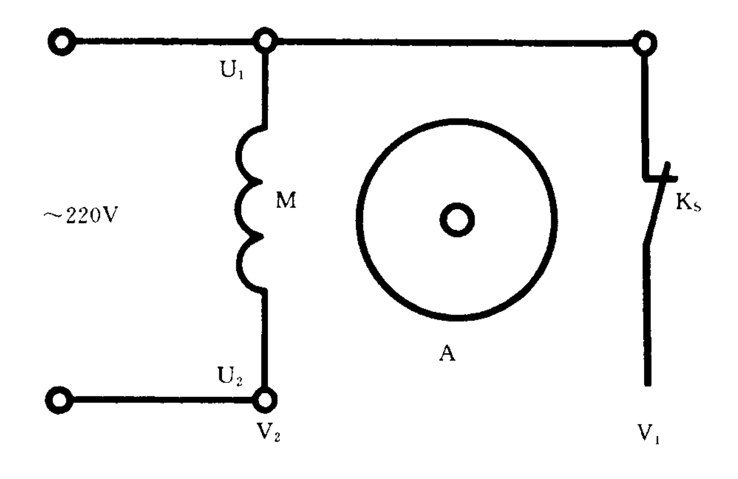
(1) 分相电动机绕组布接线图用彩色绘制，主绕组为红色线条，副绕组是黄色线条。

(2) 分相电动机主绕组用"M"(脚注"m")表示，引出线为 U_1、U_2；副绕组用"A"(脚注"a")表示，引出线为 V_1、V_2。

(3) 国产系列分相电动机引出线 4 根，副绕组通过起动开关接入电源，其接线原理如彩图 3-0 所示。

(4) 当起动开关并接于 U_1　V_1 时，电动机旋转方向是顺时针；若要反转，可将其中一绕组（主绕组或副绕组）调反接线。

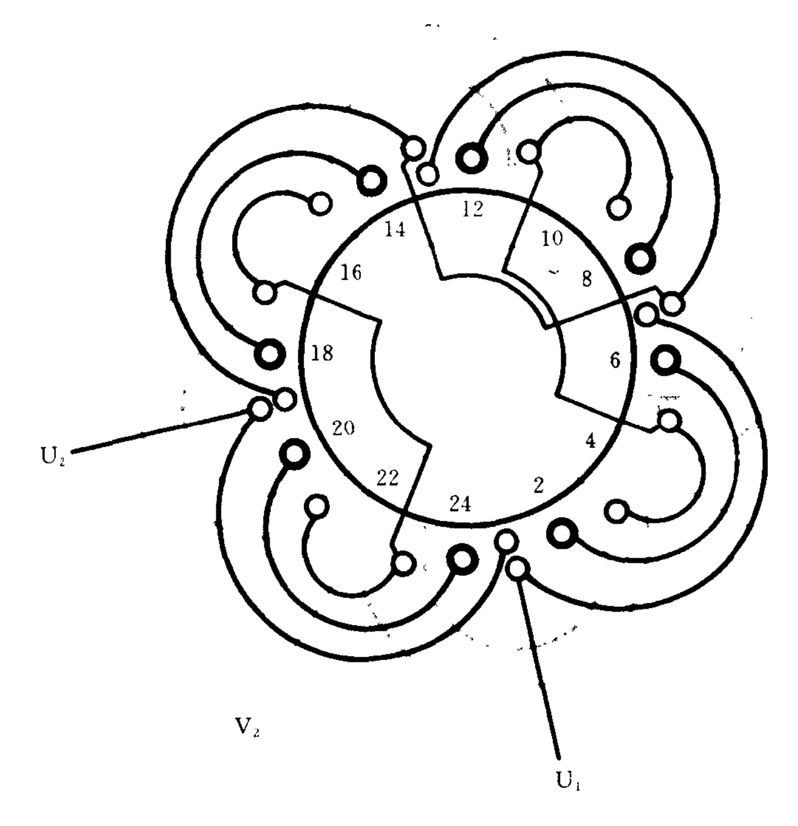
(5) 正弦绕组主要参数及标题含义，请查阅本书正文。



彩图 3-0　单相分相起动电动机接线原理图

M—主绕组；A—副绕组；K_S—起动开关

3-1　四极 24 槽分相起动电动机 3/2—A 正弦绕组



彩图 3-1　四极 24 槽分相起动电动机 3/2　A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=20$　　线圈组数　$u=8$

主相每组　$S_m=3$　　副相每组　$S_a=2$

极相槽数　$q=3$　　绕组极距　$\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-1a。

附表 3-1a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpa}
3A	1　7	26.8	0.804	2A	4　10	36.6	0.915
	2　6	46.1			5　9	63.4	
	3　5	26.8					

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3 1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均为 A 类布线，主绕组每极 3 圈，满圈布线，占槽率高，谐波分量较小，具有较好的电气性能；副绕组安排少 1 圈，即每极仅 2 圈，槽的利用率较低，但绕组系数较高。主、副绕组均为显极布线，同相相邻组间应为反极性，即“尾与尾”或“头与头”相接。绕组适用于起动型单相电动机。

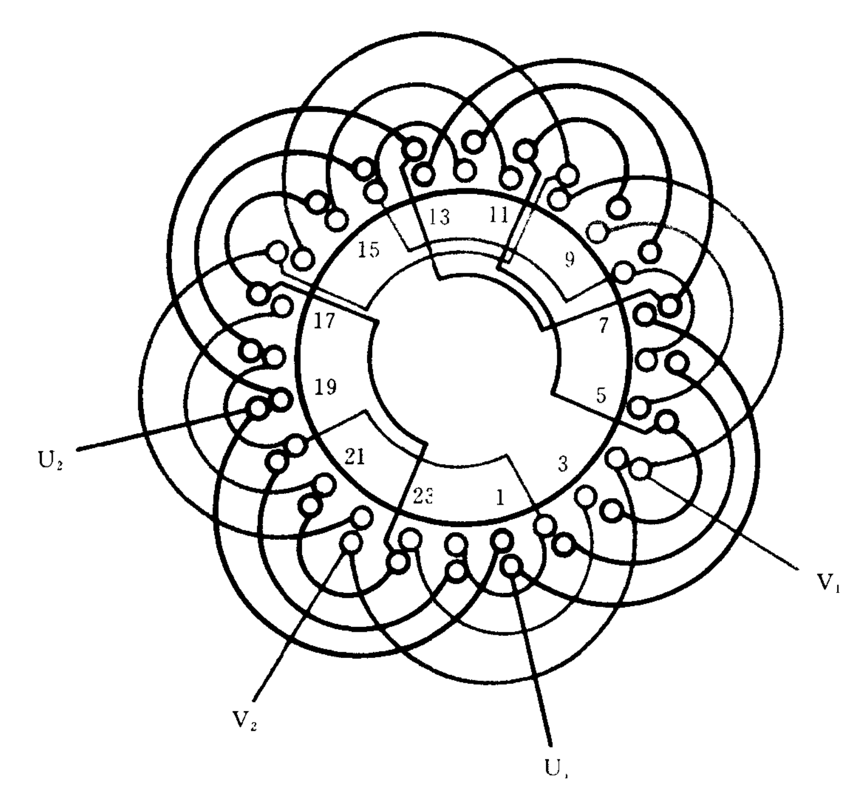
4. 绕组嵌线工艺要点

绕组采用分层嵌线，但因 A 类布线，大线圈呈交叠状，故宜用交叠嵌线。嵌线顺序见附表 3-1b。

附表 3-1b　　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	21	23	20	24	19	15	17	14	18	13		9	11	8	12	7		3	5	2
	上层											19						13			
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	6	1					22			16				10				4		
	上层			7	1	23	3		17	21		22	11	15		16	5	9		10	4

3-2 四极 24 槽分相起动电动机 3/3—A 正弦绕组



彩图 3-2 四极 24 槽分相起动电动机 3/3 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=24$　线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=3$　副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=3$　绕组极距 $\tau=6$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-2a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3-2。

附表 3-2a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpa}
3A	1 7	26.8	0.801	3A	4 10	26.8	0.801
	2 6	16.4			5 9	16.4	
	3 5	26.8			6 8	26.8	

3. 绕组结构及布接线特点

绕组为显极布线，主、副绕组均用 3A 布线，即每组 3 只线圈，组间连接是反接串联。由于满圈布线，使绕组构成双层结构，槽的利用率较高，能基本消除 3、5、7 次谐波干扰而获得较好的电气性能。此绕组实际应用较多，在国产系列中既用于起动型也用于运行型。

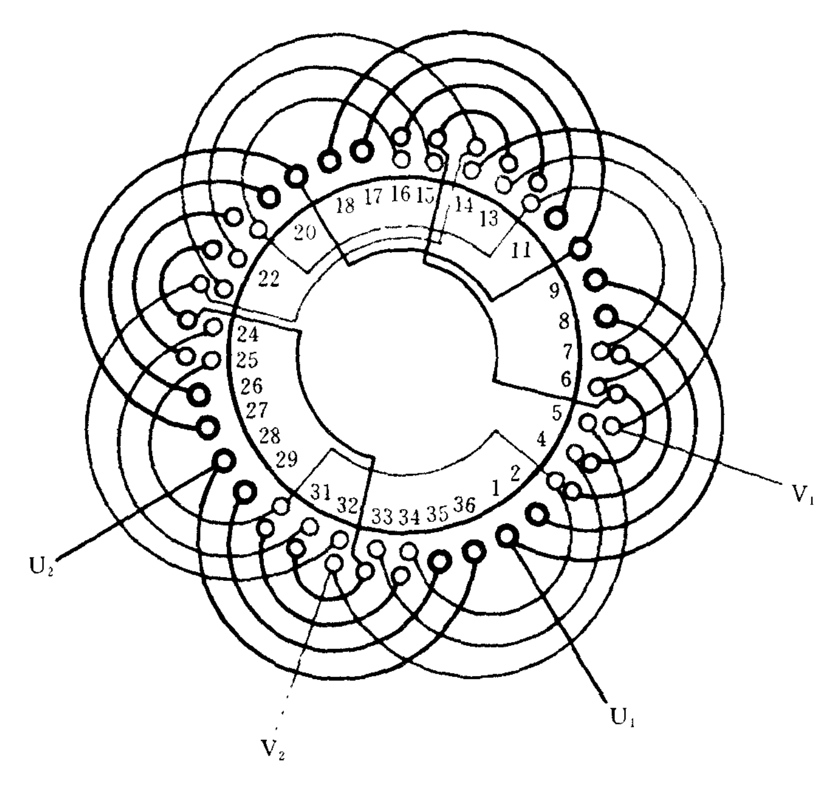
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌法，本例采用交叠嵌线，嵌线顺序见附表 3-2b。

附表 3-2b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	21	23	20	24	19	15	17	14	18	13		9	11	8	12	7
	上层											19					
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层		3	5	2	6	1							22			
	上层	13						7	1	24	2	23	3		18	20	17
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层		16						10						4		
	上层	21		22	12	14	11	15		16	6	8	5	9		10	4

3-3 四极 36 槽分相起动电动机 4/3—B/A 正弦绕组



彩图 3-3 四极 36 槽分相起动电动机 4/3 B/A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=28$　　线圈组数 $u=8$

主相每组 $S_m=4$　　副相每组 $S_a=3$

极相槽数 $q=4\frac{1}{2}$　　绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-3a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3-3。

附表 3-3a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_a（%）	K_{dpa}
1B	1 9	34.6	0.793	3A	5 14	22.7	0.893
	2 8	30.6			6 13	42.6	
	3 7	22.7			7 12	34.7	
	4 6	12.1					

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组采用不同的布线方案，主绕组是 4B 正弦布线，每组 4 圈，大线圈是整槽单层线圈边；副绕组是 3A 正弦布线，每组 3 圈，大线圈是双层布线。此绕组能有效地削弱高次谐波干扰，适用于起动型和运行型单相电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌法，本例仅介绍交叠嵌法，即先嵌主绕组，各线圈整圈嵌入，无需吊边；副绕组则大圈交叠嵌入。嵌线顺序见附表 3-3b。

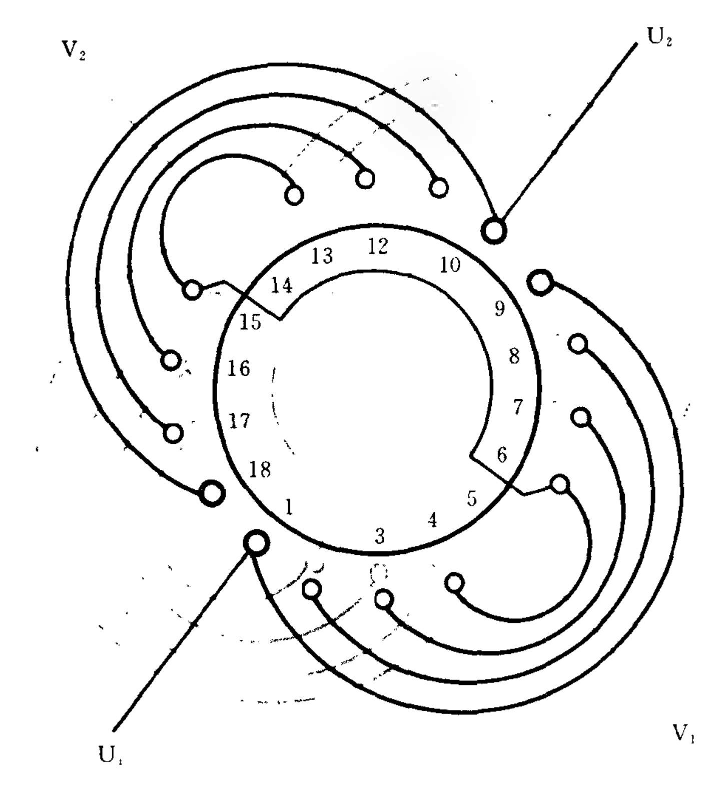
附表 3-3b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	31	33	30	34	29	35	28	36	22	24	21	25	20	26	19	27	13	15	12	16
	上层																				

嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	11	17	10	18	4	6	3	7	2	8	1	9					32			
	上层													34	3	33	4		25	30	24

嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
槽号	下层		23						14						5						
	上层	31		32	16	21	15	22		23	7	12	6	13		14	5				

3-4 二极 18 槽分相起动电动机 4/4—B/A 正弦绕组



彩图 3-4 二极 18 槽分相起动电动机 4/4 B/A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=18$ 电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=16$ 线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=4$ 副相每组 $S_a=4$

极相槽数 $q=4\frac{1}{2}$ 绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-4a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3-4。

附表 3-4a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
4B	1 9	34.6	0.793	4A	5 14	18.5	0.82
	2 8	30.6			6 13	34.7	
	3 7	22.7			7 12	28.3	
	4 6	12.1			8 11	18.5	

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组采用不同的布线方案。主绕组是 B 类满圈布线，能有效地削减 3、5、7 次谐波影响，有较好的运行性能，但绕组系数较低；副绕组是缺 1 圈的 A 类安排，存在一定的 3 次谐波成分，但此绕组多用于起动型单相电动机，对电机运行性能影响不大。绕组是显极式布线，同相两组极性相反，故应是"尾与尾"相接。

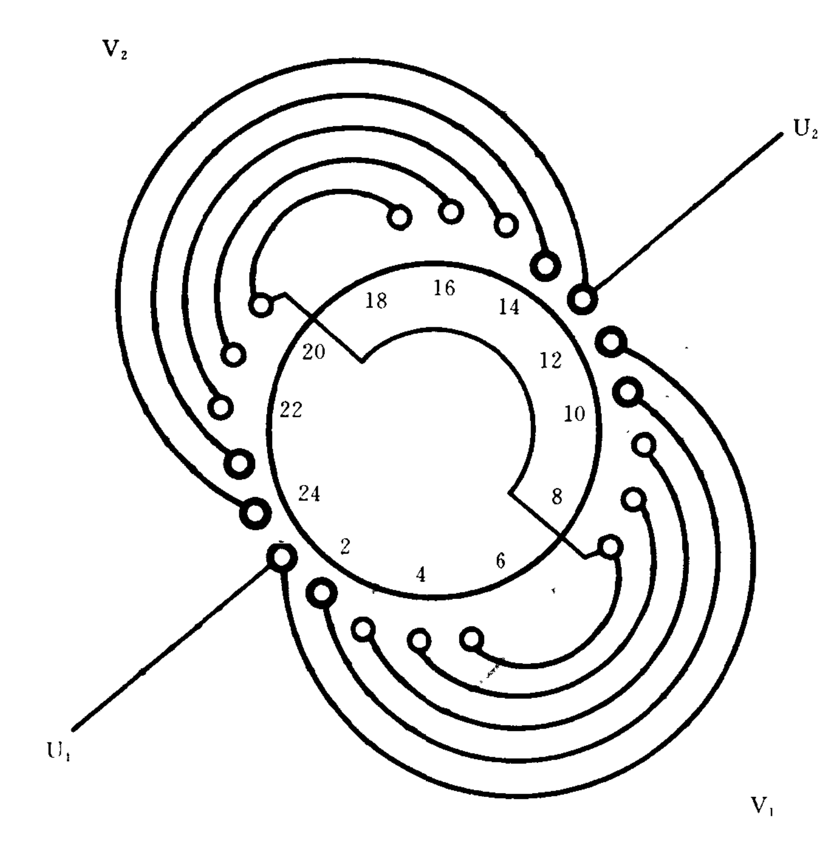
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线，但副绕组大节距线圈交叠嵌入。嵌线顺序见附表 3-4b。

附表 3-4b 分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	6	3	7	2	8	1	9	13	15	12	16	11	17	10	18		
	上层																	8	11
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层					5							14						
	上层	7	12	6	13		17	2	16	3	15	4		5	14				

3-5 二极 24 槽分相起动电动机 5/4—B 正弦绕组



彩图 3-5 二极 24 槽分相起动电动机 5/4 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=18$　　线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=5$　　副相每组 $S_a=4$

极相槽数 $q=6$　　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-5a。

附表 3-5a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_i（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_i（%）	K_{dpa}
5B	1—12	26.8	0.806	4B	7—18	29.9	0.855
	2—11	25.0			8—17	27.8	
	3—10	21.4			9—16	24.0	
	4—9	16.5			10—15	18.3	
	5—8	10.3					

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3-5。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用不同的缺圈 B 类正弦布线方案，对 3、5、7 次谐波有一定的削减作用，起动、运行性能尚可，主要用于短时工作的起动型电动机。绕组是显极布线，同相两组线圈接线是"尾接尾"，即使两组线圈的极性相反。

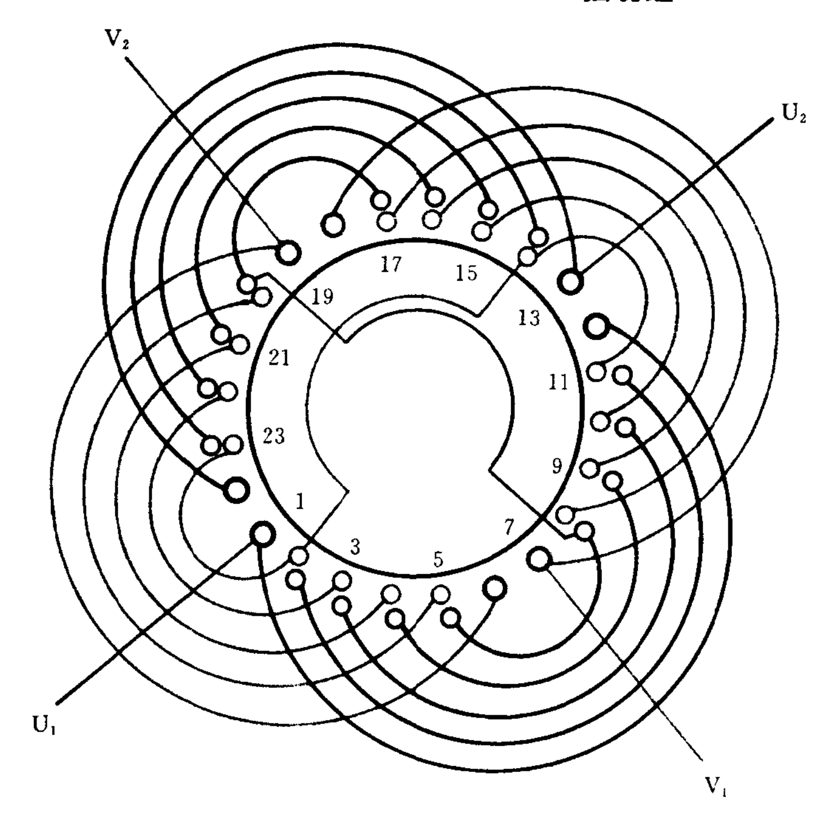
4. 绕组嵌绕工艺要点

由于主、副绕组均采用 B 类安排线圈，不存在同相同槽的交叠线圈，故分层嵌线时可形成完整的双平面绕组。嵌线顺序见附表 3-5b。

附表 3-5b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22	14	23
	上平面																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	13	24																
	上平面			10	15	9	16	8	17	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6

3-6 二极 24 槽分相起动电动机 5/5—B 正弦绕组



彩图 3-6 二极 24 槽分相起动电动机 5/5 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=20$ 　线圈组数 $u=4$

主相每组 $S_m=5$ 　副相每组 $S_a=5$

极相槽数 $q=6$ 　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-6a。

2. 绕组布线接线图

附表 3-6a　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u (%)	K_{dpa}
5B	1 12	26.8	0.806	5B	7 18	26.8	0.806
	2 11	25.0			8 17	25.0	
	3 10	21.4			9 16	21.4	
	4 9	16.5			10 15	16.5	
	5 8	10.3			11 14	10.3	

绕组布线接线图见彩图 3-6。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用相同的 B 类布线方案，但舍去 1 槽小节距线圈，简化了绕组结构，且能有效地削弱 3、5、7 次谐波影响。绕组是显极式，同相两组线圈极性相反，即“尾与尾”相接。本方案在单相电动机产品中应用较多，既可用于起动型，也可用于运行型，但实用上则多见用于起动型电动机。

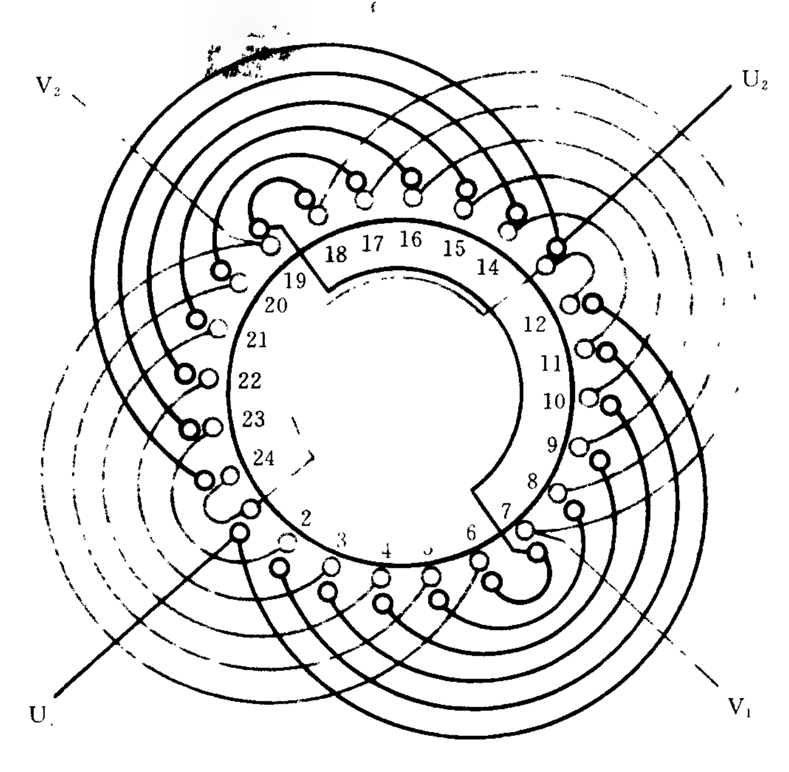
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，其端部形成完整的双平面结构。嵌绕顺序见附表 3-6b。

附表 3-6b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	15	22	14	23	13	24								
	上平面							11	14	10	15	9	16	8	17
嵌绕次序		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
槽号	上平面	7	18	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6		

3-7　二极 24 槽分相起动电动机 6/6　B 正弦绕组



彩图 3-7　二极 24 槽分相起动电动机 6/6　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=24$　　线圈组数　$u=4$

主相每组　$S_m=6$　　副相每组　$S_a=6$

极相槽数　$q=6$　　绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 3-7a

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 3-7。

3. 绕组结构及布接线特点

附表 3-7a　　正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpa}
6B	1—12	25.9	0.783	6B	7—18	25.9	0.783
	2—11	24.1			8—17	24.1	
	3—10	20.7			9—16	20.7	
	4—9	15.9			10—15	15.9	
	5—8	10.0			11—14	10.0	
	6—7	3.4			12—13	3.4	

本例绕组均采用 B 类正弦满圈布线，每极线圈数为 6，线圈数较多，能基本消除 3、5、7 次谐波影响，但绕组系数较低；因线圈数多，且有节距 1 槽的小线圈，使嵌线耗费工时。此绕组既可用于运行型，也适用于起动型；但若用于起动型，不妨减少一、二只副绕组的小线圈则更趋合理，又可简化工艺，节省工时。

1. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整圈嵌线法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，形成端部双平面。嵌绕顺序见附表 3-7b。

附表 3-7b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	18	19	17	20	16	21
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	15	22	14	23	13	24												
	上层							12	13	11	14	10	15	9	16	8	17	7	18
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
槽号	上层	24	1	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6						

彩图 4　单相分布式罩极电动机常用正弦绕组布线接线图

罩极式单相电动机是单相电机的特殊型式，它的副绕组不与电源相接而自行短接成环路罩住定子极面，故称罩极。罩极线圈有单个短路环集中式和分嵌于定子槽内的分布式两种。理论上，主绕组可采用单相电动机绕组的所有型式，但为了获得较好的起动和运行性能，目前产品中一般已采用正弦绕组布线。下面仅就收集到的常用绕组型式绘成彩图，并作说明如下：

(1)本节范例为隐极式分布绕组，电机铁心与普通电机相同，主绕组是正弦布线，副绕组既有同心式也有交叠式。

(2)本节图例采用彩色绘制，绿色线条是主绕组，引出线标号为 U_1、U_2；副绕组用黄色线条，头尾相接无出线。

(3)绕组主要参数。

1)主线圈数。是指罩极电机主绕组线圈总数，$Q_m=2pS_m$。

2)主相每组。是指主绕组选用正弦绕组布线方案的每极线圈组。

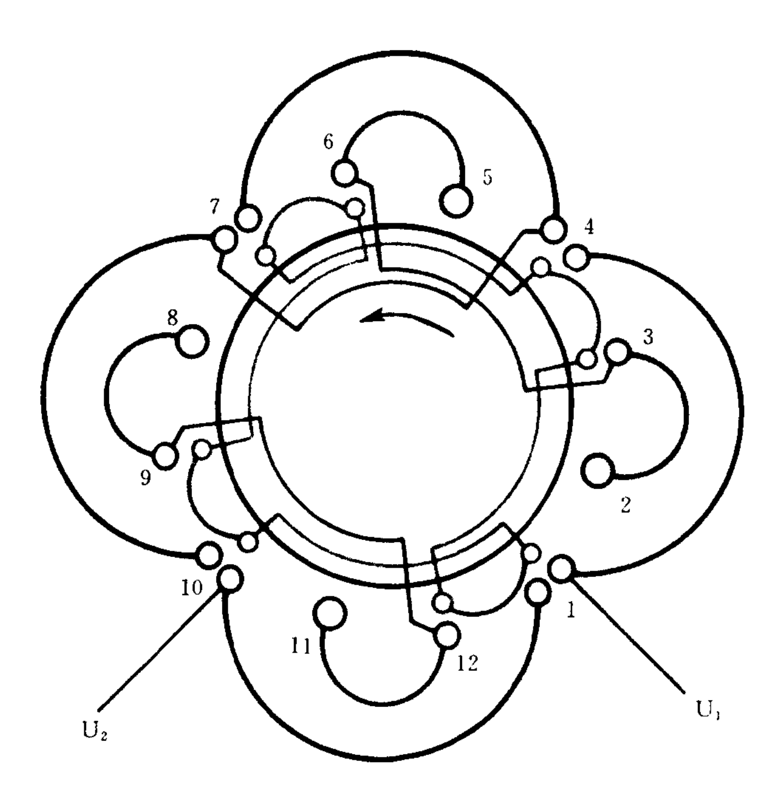
3)罩极每组。每极绕组内所含每组罩极线圈数。

4)罩极偏角。θ 是指罩极绕组偏移主绕组中心的电角度，θ 角大，起动性能较好而运行性能较差，若 θ 角小，则反之。一般以 $\theta=45°$ 较为理想。

(4)本节罩极电动机的分布式绕组有单圈、多圈以及同心式、交叠式等多种形式，所用标题中的分数是主绕组和罩极线圈的关系，即分子数字为主绕组每极线圈数目，分母是每极下所含罩极线圈的数目。

(5)本节所用素材是从不系统的资料中搜集和实践修理中积累所得编绘而来，未必尽善尽美，仅供参考。

4-1　四极 12 槽罩极电动机 2A/1 分布绕组



彩图 4-1　四极 12 槽罩极电动机 2A/1 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=12$　　电机极数　$2p=4$

主线圈数　$Q_m=8$　　主相组数　$u=4$

主相每组　$S_m=2$　　罩极每组　$S_j=1$

每槽电角　$\alpha=60°$　　罩极布线　单圈串联

罩极偏角　$\theta=60°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-1a。

附表 4-1a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
2A	3	1 4	50	0.75
		2 3	50	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例定子槽数少，绕制 4 极电机则每极仅占 1½槽，即使采用 A 类安排，正弦绕组的效果也不尽如人意，故性能不够理想；但每极只有 2 只线圈，而且线圈线径和匝数均相同，绕制及嵌线相对省事。但绕组系数过低，主绕组需增加 25%的匝数以弥补，故造成电机的铜耗大增。此外，罩极线圈为单圈短节距，而且偏角过大，起动相对容易，但运行性能较差。

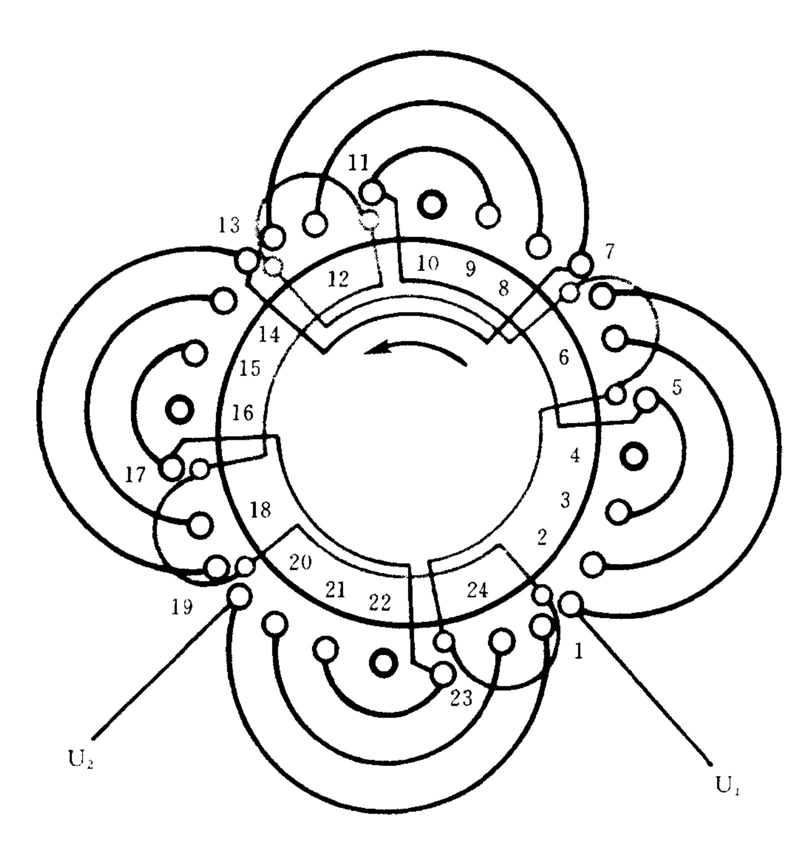
4. 绕组嵌绕工艺要点

先将主绕组线圈嵌入相应槽内，衬垫好绝缘后再用手绕法把罩极线圈按规定匝数绕嵌在相应槽的面层，最后把罩极起端和尾端绞连后用气焊或接触焊连结形成闭路。主绕组则采用整嵌法嵌线，其顺序见附表 4-1b。

附表 4-1b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	11	12	10	1	8	9	7	10	5	6	4	7	2	3	1	4
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24								
槽号	上平面	4	3	12	1	10	9	6	7								

4-2 四极 24 槽罩极电动机 3A/1 分布绕组



彩图 4-2 四极 24 槽罩极电动机 3A/1 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$

主线圈数 $Q_m=12$ 主相组数 $u=4$

主相每组 $S_m=3$ 罩极每组 $S_j=1$

每槽电角 $\alpha=30°$ 罩极布线 单圈串联

罩极偏角 $\theta=60°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-2a。

附表 4-2a 主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
3A	6	1 7	26.8	0.804
		2 6	46.4	
		3 5	26.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-2。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组是正弦 A 类满圈布线，基本消除 3、5、7 次谐波分量，有较好的电气性能；本绕组每极由 3 只线圈组成，采用 A 类安排而空出 4 槽呈对称均布。罩极则采用单圈短节距布线，而罩极偏角 θ 达 60°，即起动性能较好，适宜用于起动负载较大的场合，如果用于空载起动的负载，则宜将其改为 15°偏角，将罩极线圈节距增长一槽，使原处于双层的罩极边移入空槽，则可改善电动机的运行性能。

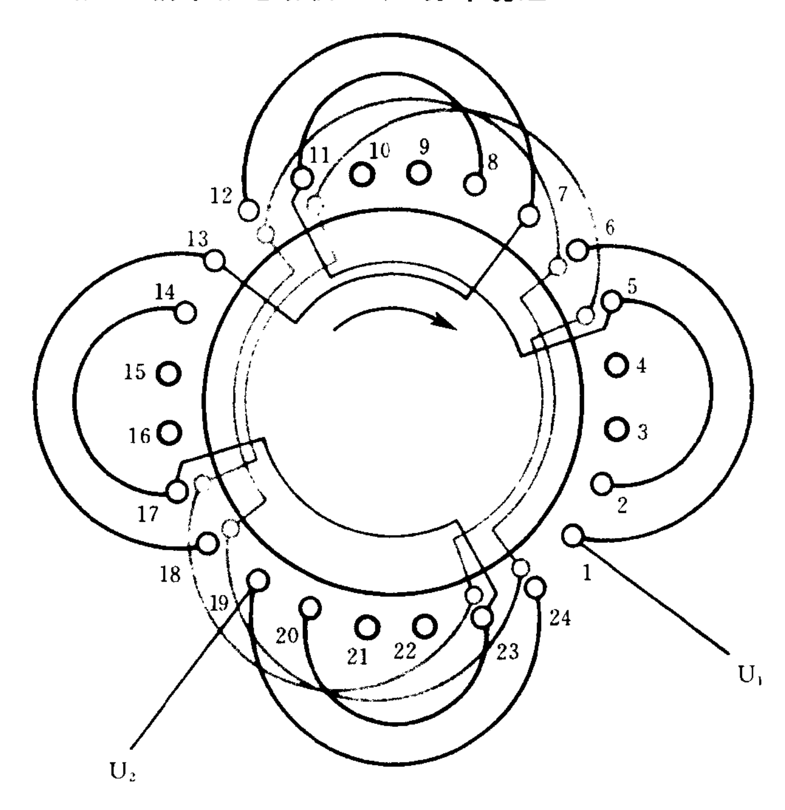
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整嵌法，把主绕组嵌入相应槽，经绝缘后再手绕罩极绕组。嵌绕顺序见附表 4-2b。

附表 4-2b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	21	23	20	24	19	1	15	17	14	18	13	19	9	11	8	12
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	7	13	3	5	2	6	1	7								
	上平面									7	5	23	1	19	17	11	13

4-3　四极 24 槽罩极电动机 2B/2 分布绕组



彩图 4-3　四极 24 槽罩极电动机 2B/2 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=4$

主线圈数　$Q_m=8$　　主相组数　$u=4$

主相每组　$S_m=2$　　罩极每组　$S_j=2$

每槽电角　$\alpha=30°$　　罩极布线　庶极双圈

罩极偏角　$\theta=30°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-3a。

附表 4-3a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
2B	6	1—6	57.7	0.856
		2—5	42.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-3。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组采用 B 类正弦缺 1 圈布线，每组 2 只线圈则空出共 8 槽。由于每极线圈数较少，气隙难以形成完整的正弦磁势，故高次谐波分量较大，修理时如感到运行状态不理想则可改为 3B，即每极增加 1 只小线圈。罩极线圈采用长节距，其布线形式如庶极，但 2 只线圈交叉串联如彩图 4-3，分别构成两个并联的闭合回路，是一种特殊的接线形式。罩极绕组偏角为 30°，对电机运行较有利，但起动转矩较小，适用于空载起动的场合。

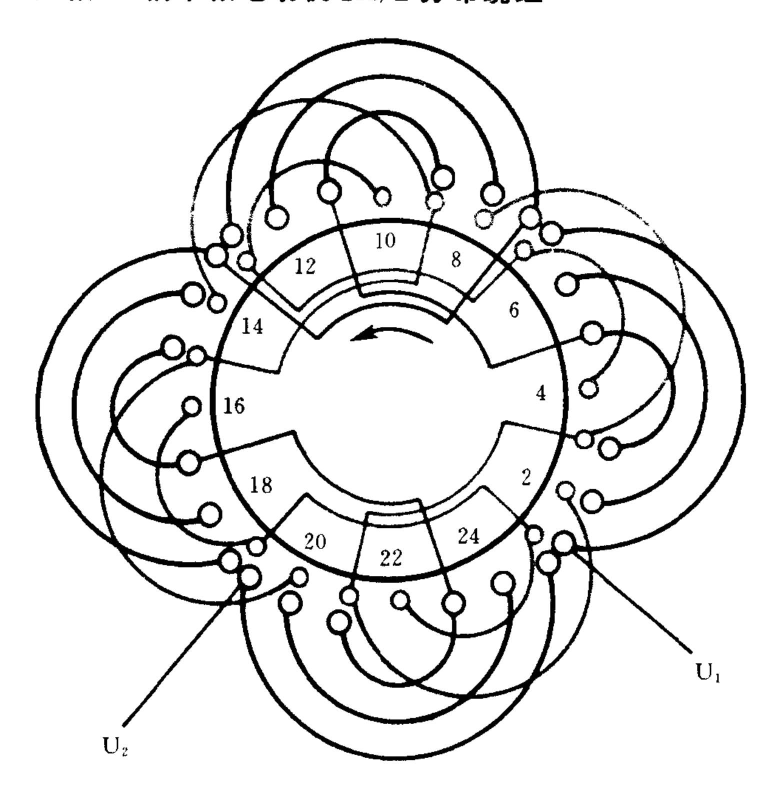
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组采用整嵌法，嵌完后再手绕罩极绕组。嵌绕顺序见附表 4-3b。

附表 4-3b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	20	23	19	24	14	17	13	18	8	11	7	12	2	5
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	1	6												
	上平面			18	24	6	12	17	23	5	11				

4-4　四极 24 槽罩极电动机 3A/2 分布绕组



彩图 4-4　四极 24 槽罩极电动机 3A/2 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=4$

主线圈数　$Q_m=12$　　主相组数　u　4

主相每组　S_m　3　　罩极每组　$S_j=2$

每槽电角　$\alpha=30°$　　罩极布线　双圈同心

罩极偏角　$\theta=45°$

正绕组正弦布线方案见附表 4 4a。

附表 4-4a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
3A	6	1—7	26.8	0.804
		2　6	46.4	
		3　5	26.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-4。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组为 3A 正弦布线，每组由 3 只线圈组成，可基本消除 3、5、7、9 次谐波干扰而获得良好的电气性能，而且绕组的占槽率较高。罩极绕组采用长节距布线，每组由同心双圈组成，4 组罩极线圈也随主绕组采用反极性串联，最后接成闭合回路。罩极绕组偏角能满足 45°要求，无论起动或运行性能都较适中，是四极 21 槽罩极电动机最常用的布线型式。

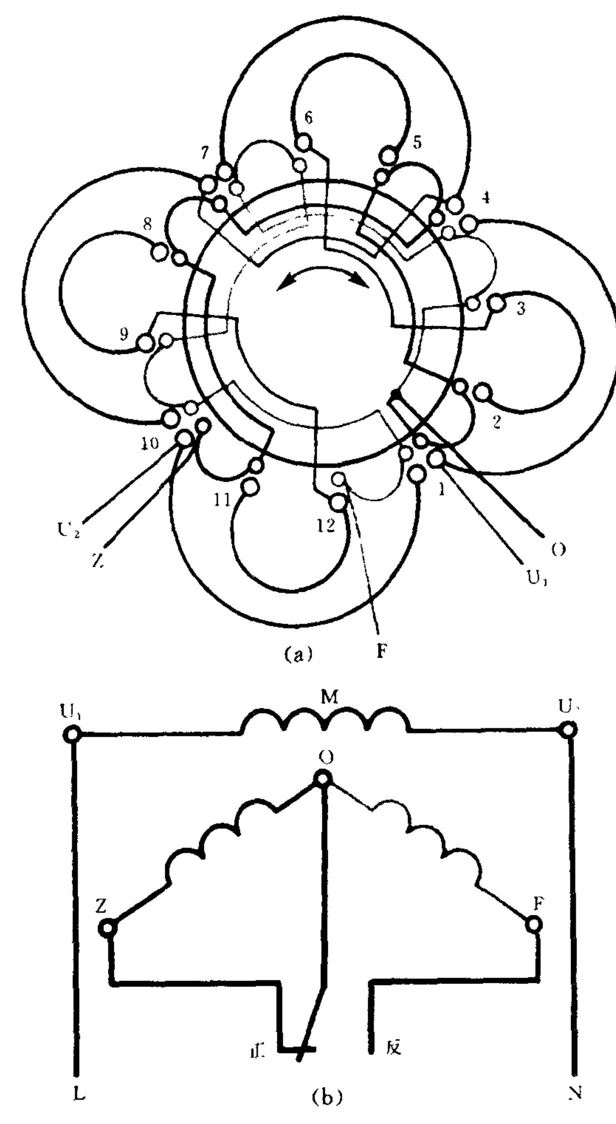
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组整嵌于底，罩极绕组采用手绕。嵌绕次序见附表 4-4b。

附表 4-4b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	21	23	20	24	19	1	15	17	14	18	13	19	9	11
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	8	12	7	13	3	5	2	6	1	7				
	上平面											7	4	8	3
嵌绕次序		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
槽号	上平面	21	2	22	1	19	16	20	15	9	14	10	13		

4-5 四极 12 槽罩极电动机双转向绕组



彩图 4-5 四极 12 槽罩极电动机双转向绕组

(a)双转向罩极绕组布接线图;(b)罩极电动机双向控制原理图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=12$ 电机极数 $2p-4$

主线圈数 $Q_m=8$ 主相组数 $u=4$

主相每组 $S_m=2$ 罩极每组 $S_j=1+1$

每槽电角 $\alpha=60°$ 罩极布线 正反单圈

罩极偏角 $\theta=60°$

主绕组正弦布线方案见附表 1-5a。

附表 4-5a 主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_1( )	K_{dI}
2A	3	1 4	50	0.75
		2 -3	50	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4 5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为可正反转的特殊设计绕组。主绕组为 2A 正弦布线,每组由 2 只同心线圈组成,采用显极接线,即同相相邻线圈组为反极性串联,即"尾与尾"或"头与头"相接。由于每极线圈少,无法形成完善正弦的气隙磁势,电气性能不够理想,但可控制逆转。罩极用两套绕组,如图中用红、黄两色区别,一套为正转罩极(红色)、引出线为 Z;另一套为反转罩极(绿色)、引出线是 F,两尾线结为公共点引出线为 O。罩极绕组首尾端不是自行短接,而是通过双投开关按所需转向进行短接,其双向控制的接线原理见彩图 4 5(b)所示。

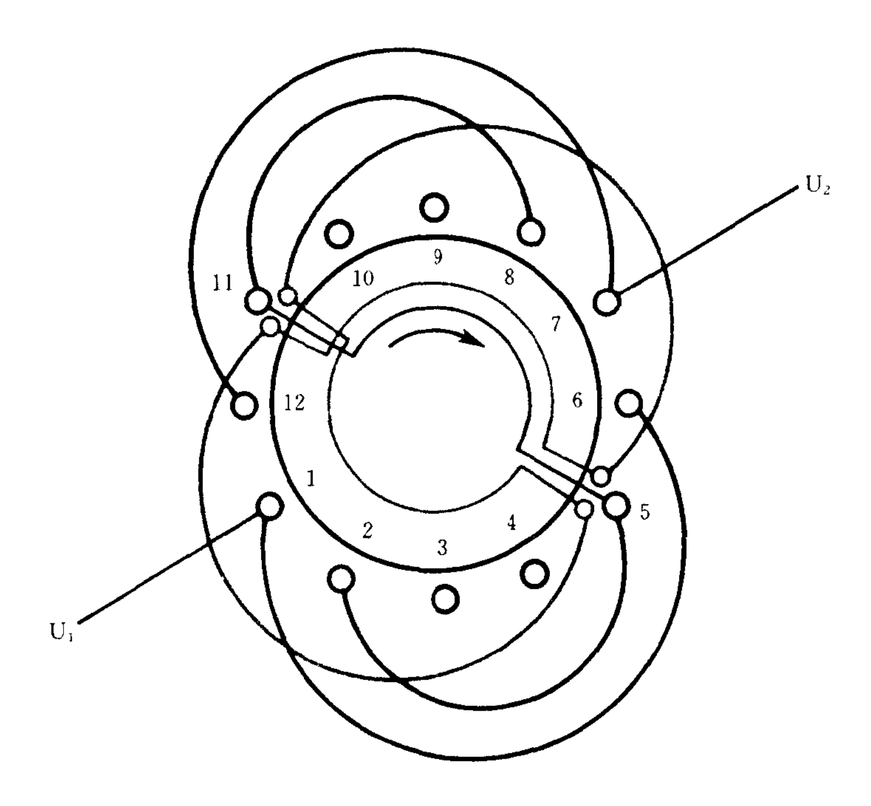
4. 绕组嵌绕工艺要点

先嵌主绕组,用整嵌方法把主绕组嵌入相应槽内,垫好绝缘后再绕罩极绕组,罩极分两组进行。嵌绕顺序见附表 4-5b。

附表 4-5b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	11	12	10	1	8	9	7	10	5	6	4	7	2	3
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	1	4												
	上平面			10	11	8	7	4	5	2	1	12	1	10	9
嵌绕次序		29	30	31	32										
槽号	上平面	6	7	4	3										

4-6　二极 12 槽罩极电动机 2B/1 分布绕组



彩图 4-6　二极 12 槽罩极电动机 2B/1 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=12$　　电机极数　$2p=2$

主线圈数　$Q_m=4$　　主相组数　$u=2$

主相每组　$S_m=2$　　罩极每组　$S_j=1$

每槽电角　$\alpha=30°$　　罩极布线　长距单圈

罩极偏角　$\theta=45°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-6a。

附表 4-6a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
2B	6	1—6	57.7	0.856
		2—5	42.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-6。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组采用 2B 正弦布线，每极 2 只线圈，定子空置 4 槽，绕组系数相对较高，但铁心利用率较低；由于每极线圈少，又用 B 类安排，绕组存在较强的高次谐波干扰。罩极绕组则采用长跨距布线，有利于在单圈条件下获得较大的绕组电阻，而且安排在主绕组槽满率较低的槽，使槽的有效截面积得到较充分的利用；罩极绕组偏角满足 45°要求，使电动机能兼顾起动和运行性能。

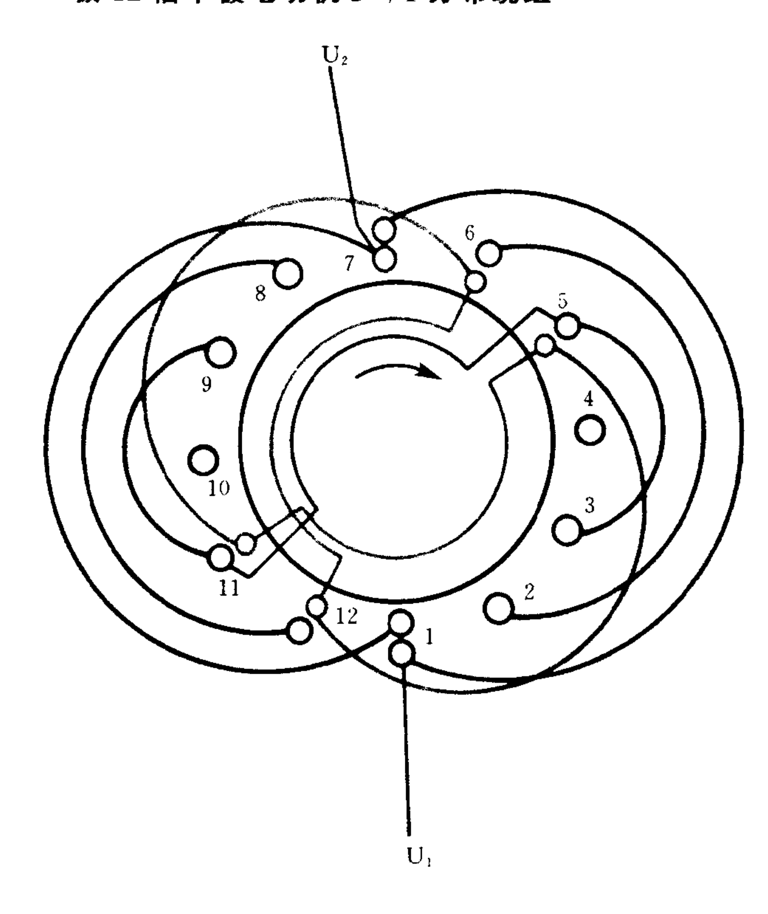
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用整嵌法，先将主绕组嵌入相应槽内，垫好绝缘后用手绕嵌罩极绕组。嵌绕顺序见附表 4-6b。

附表 4-6b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	2	5	1	6	8	11	7	12						
	上平面									5	11	5	11		

4-7　二极 12 槽罩极电动机 3A/1 分布绕组



彩图 4-7　二极 12 槽罩极电动机 3A/1 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=12$	电机极数	$2p=2$
主线圈数	$Q_m=6$	主相组数	$u=2$
主相每组	$S_m=3$	罩极每组	$S_j=1$
每槽电角	$\alpha=30°$	罩极布线	长距单圈
罩极偏角	$\theta=45°$		

主绕组正弦布线方案见附表 4-7a。

附表 4-7a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_1(%)	K_{dp}
3A	6	1—7	26.8	0.804
		2—6	46.4	
		3—5	26.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-7。

3. 绕组结构及布接线特点

主、罩绕组分别由 3 只和 1 只线圈构成，主绕组是 A 类正弦满圈安排，能有效地消除 3、5、7、9 次谐波干扰，明显改善电动机性能。本绕组空置 2 槽，但主绕组极面仍较宽阔，电动机运行比较稳静。罩极为长跨距布线，以使有限匝数中获得足够的罩极电阻来限制起动电流。罩极偏角满足 45°要求，起动和运行性能适中。

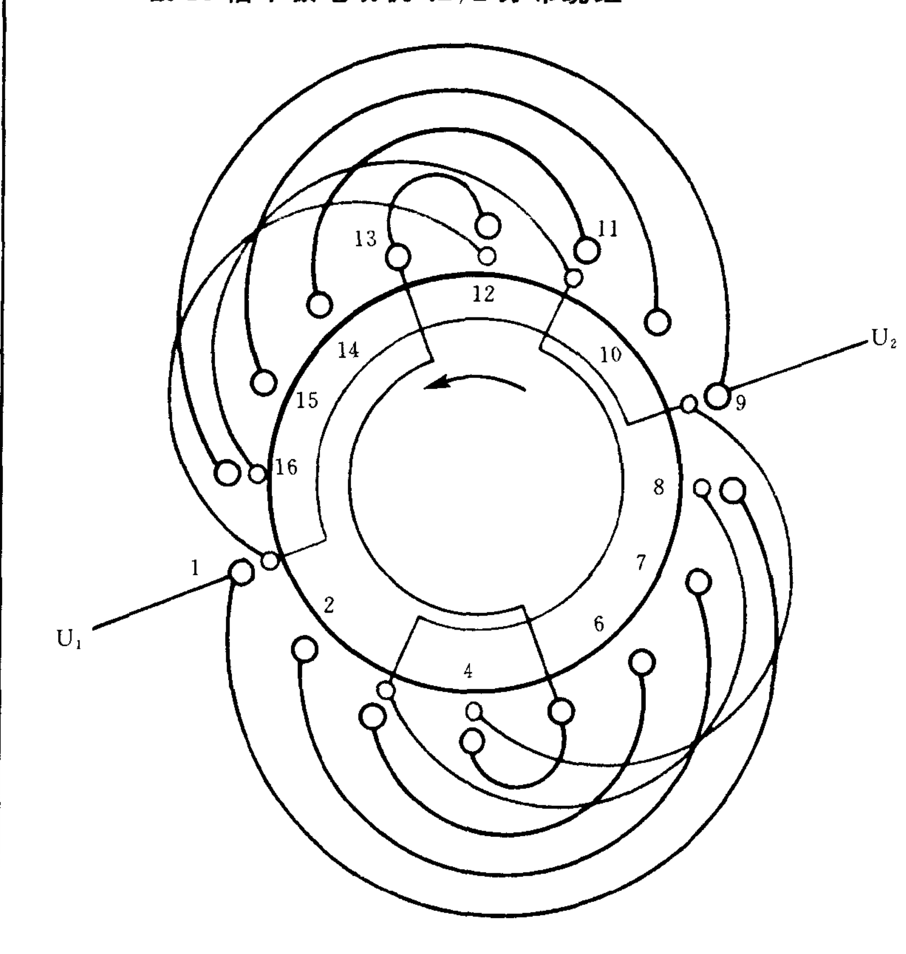
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组用整圈嵌线，罩极绕组用手绕。嵌线顺序见附表 4-7b。

附表 4-7b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	3	5	2	6	1	7	9	11	8	12	7	1				
	上平面													5	12	6	11

4-8　二极 16 槽罩极电动机 4B/2 分布绕组



彩图 4-8　二极 16 槽罩极电动机 4B/2 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　电机极数　$2p=2$

主线圈数　$Q_m=8$　　主相组数　$u=2$

主相每组　$S_m=4$　　罩极每组　$S_j=2$

每槽电角　$\alpha=22.5°$　　罩极布线　双圈交叠

罩极偏角　$\theta=45°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-8a。

附表 4-8a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	$K_u(\%)$	K_{dp}
4B	8	1　8	38.3	0.78
		2　7	32.4	
		3　6	21.7	
		4　5	7.6	

2. 绕组布线接线图

主副绕组布线接线图见彩图 4-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用 B 类正弦满圈布线，每极主绕组由 4 只同心线圈构成，基本可以消除高次谐波干扰，电动机有较好的电气性能，绕组无空置槽，铁心利用率也较高。罩极绕组每极由两只交叠线圈组成，跨距适中，罩极偏角为 45°，电机的起动和运行性能均较好。

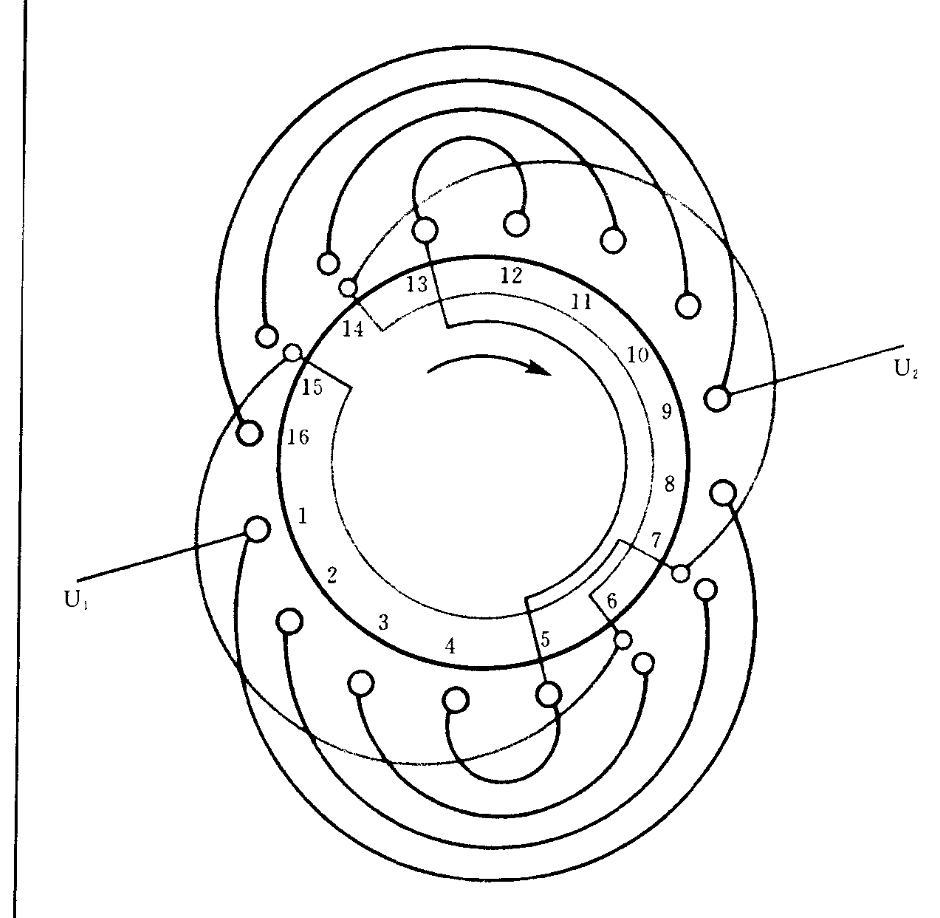
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组采用整嵌法嵌入相应槽内，垫好绝缘后再把罩极绕组用手绕入面层。嵌绕顺序见附表 4-8b。

附表 4-8b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
槽号	下平面	4	5	3	6	2	7	1	8	12	13	11	14	10
嵌绕次序		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
槽号	下平面	15	9	16										
	上平面				9	4	8	3	11	16	12	1		

4-9　二极 16 槽罩极电动机 4B/1 分布绕组



彩图 4-9　二极 16 槽罩极电动机 4B/1 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=2$
主线圈数	$Q_m=8$	主相组数	$u=2$
主相每组	$S_m=4$	罩极每组	$S_j=1$
每槽电角	$\alpha=22.5°$	罩极布线	长距单圈
罩极偏角	$\theta=45°$		

主绕组正弦布线方案见附表 4-9a。

附表 4-9a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
4B	8	1　8	38.3	0.78
		2　7	32.1	
		3　6	21.7	
		4　5	7.6	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主绕组为 B 类满圈安排，能较好地消除高次谐波干扰，使电机获得较好的电气性能；绕组占槽率高，铁心利用率也高，但绕组系数偏低，铜损较大；主绕组每极为 4 只同心线圈，且有节距为 1 槽的小线圈，嵌绕略为费工。罩极绕组为单圈并用长距布线，意在增加每匝电阻，而罩极线圈安排在匝数较少的槽布线，使槽满率更趋合理。罩极偏角满足 45°，有适当的起动能力。

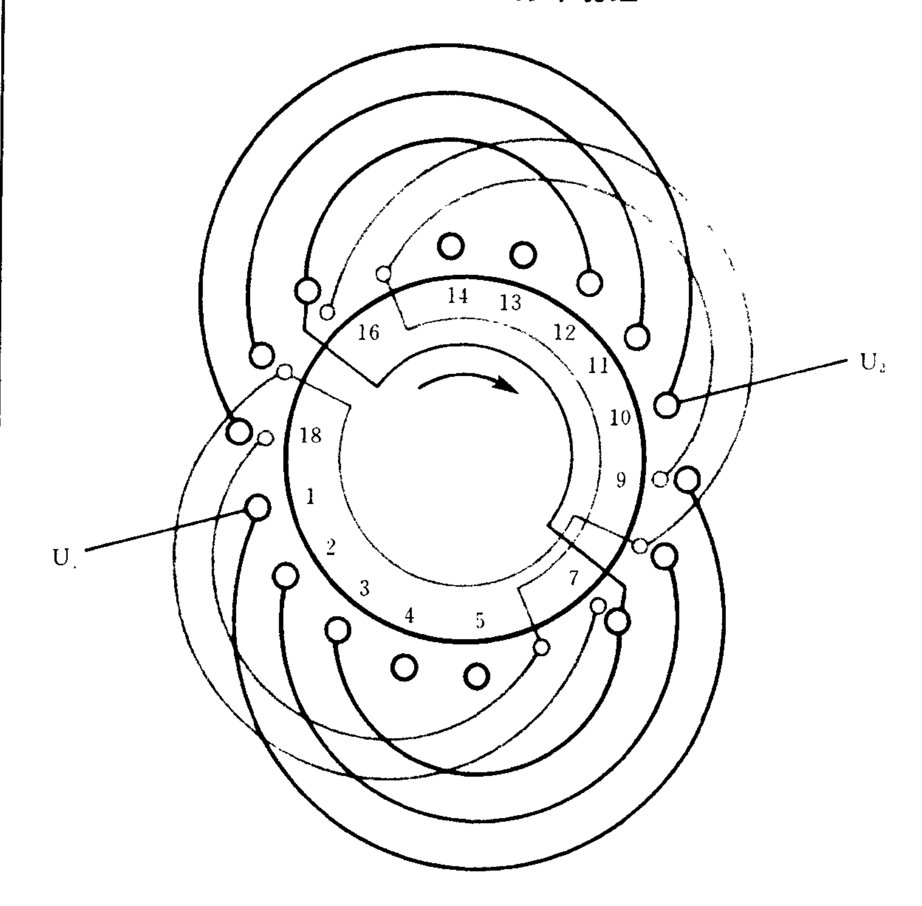
4. 绕组嵌绕工艺特点

先嵌主绕组，后用手绕嵌入罩极线圈于相应槽的面层，嵌线顺序见附表 4-9b。

附表 4-9b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	4	5	3	6	2	7	1	8	12	13	11	14	10	15
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	9	16												
	上平面			6	15	7	14								

4-10 二极 18 槽罩极电动机 3B/2 分布绕组



彩图 4-10 二极 18 槽罩极电动机 3B/2 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=18$ 电机极数 $2p=2$

主线圈数 $Q_m=6$ 主相组数 $u=2$

主相每组 $S_m=3$ 罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=20°$ 罩极布线 双圈同心

罩极偏角 $\theta=10°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-10a。

附表 4-10a 主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
3B	9	1 9	39.5	0.856
		2 8	34.8	
		3 7	25.7	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用 B 类正弦布线，主绕组每极由 3 只同心线圈组成；显极接线，两组反向串联。此绕组有 1 槽空置，另 2 槽仅嵌入匝数极少的罩极线圈，实质空槽达 6 槽之多，故铁心利用率较低，若运行状态不如理想的话，不妨将主绕组改为 4B 正弦布线，即增加 1 只小线圈。罩极绕组采用双圈同心式长跨距布线，罩极偏角为 10°，起动性能和运行性能可相对兼顾。

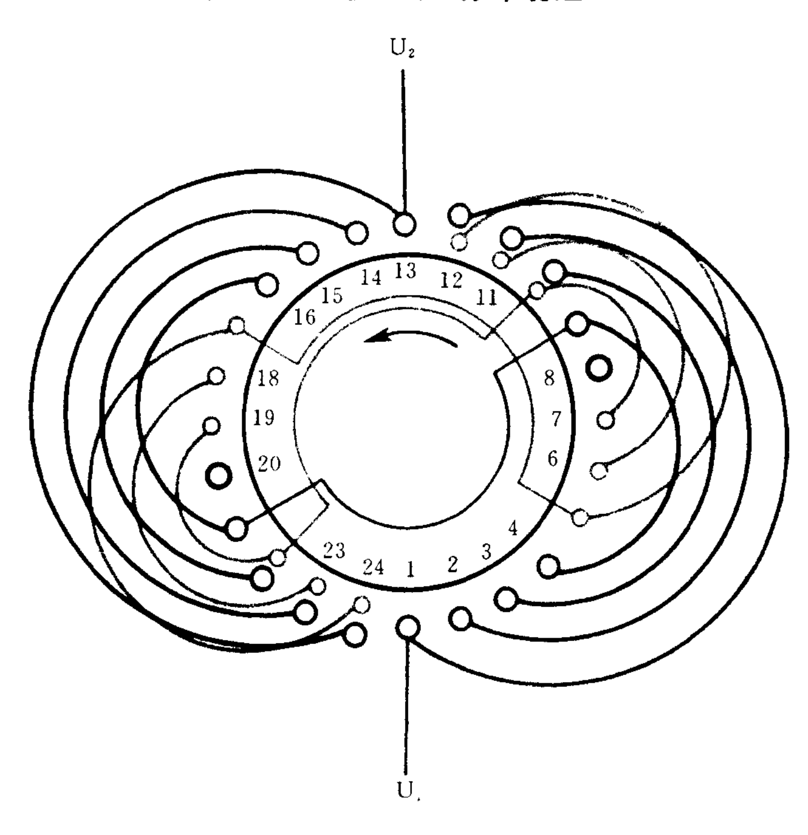
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组先分别整圈嵌入，完成后再手绕嵌罩极绕组。嵌线顺序见附表 4-10b。

附表 4-10b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	3	7	2	8	1	9	12	16	11	17	10	18
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	6	18	7	17	8	16	9	15				

4-11 二极 24 槽罩极电动机 4B/3 分布绕组



彩图 4-11 二极 24 槽罩极电动机 4B/3 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

主线圈数 $Q_m=8$　　主相组数 $u=2$

主相每组 $S_m=4$　　罩极每组 $S_j=3$

每槽电角 $\alpha=15°$　　罩极布线 三圈同心

罩极偏角 $\theta=30°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-11a。

附表 4-11a　　主绕组主弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
4B	12	1—12	29.9	0.855
		2—11	27.8	
		3—10	21.0	
		4—9	18.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-11。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组采用正弦 B 类缺 2 圈布线，即每极由 4 只同心线圈组成，由于每极槽数多，气隙仍能形成近似的正弦磁势，但 3 次谐波分量较大。定子有 2 槽空置，另外有 6 槽仅嵌入少量线匝的罩极绕组，实质主绕组空置槽数达 8 槽之多，占槽率和利用率都较低。罩极采用多圈长跨距布线，串联后的线匝较长，一般都用较粗导线绕制。罩极偏角较小，仅为 30°，只适合空载起动的场合使用；若嫌起动转矩不足，修理时可将罩极线圈组逆时向移动 1 槽，使偏角达到 15°，将有利于改善起动性能。

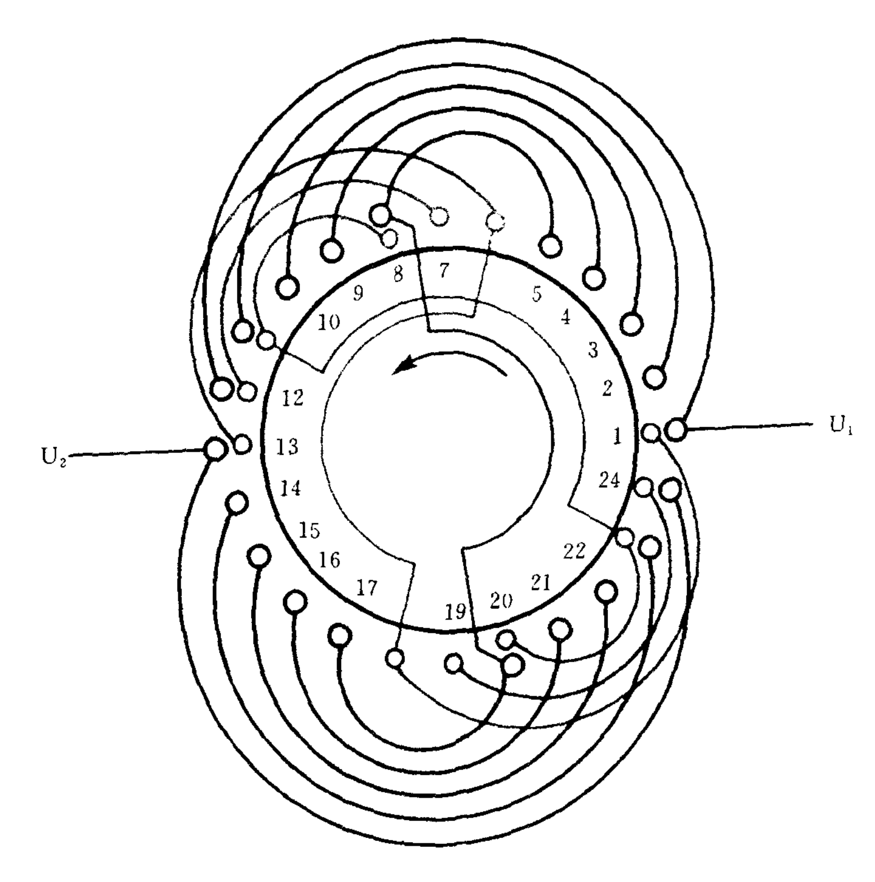
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例绕组采用整嵌法，操作时先将主绕组按图嵌入各槽，完成后将有罩极线圈的槽衬垫好层间绝缘，再用手绕嵌罩极绕组。嵌绕次序见附表 4-11b。

附表 4-11b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23	13	24
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
槽号	上平面	10	7	11	6	12	5	17	24	18	23	19	22				

4-12 二极 24 槽罩极电动机 5B/3 分布绕组



彩图 4-12 二极 24 槽罩极电动机 5B/3 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$
主线圈数	$Q_m=10$	主相组数	$u=2$
主相每组	$S_m=5$	罩极每组	$S_j=3$
每槽电角	$\alpha=15°$	罩极布线	三圈同心
罩极偏角	$\theta=45°$		

主绕组布线方案见附表 4-12a。

附表 4-12a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
5B	12	1 12	26.8	0.806
		2 11	25.0	
		3 10	21.4	
		4 9	16.5	
		5 8	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组是正弦 B 类布线，每极线圈较多比满圈仅缺 1 圈，即由 5 只同心线圈组成，能有效地消除 3、5、7、9 次谐波影响，但线圈数多，嵌线比较费工。罩极则由 3 只同心线圈组成一组线圈跨距适中，罩极偏角能满足 45°要求，能同时兼顾起动和运行性能。

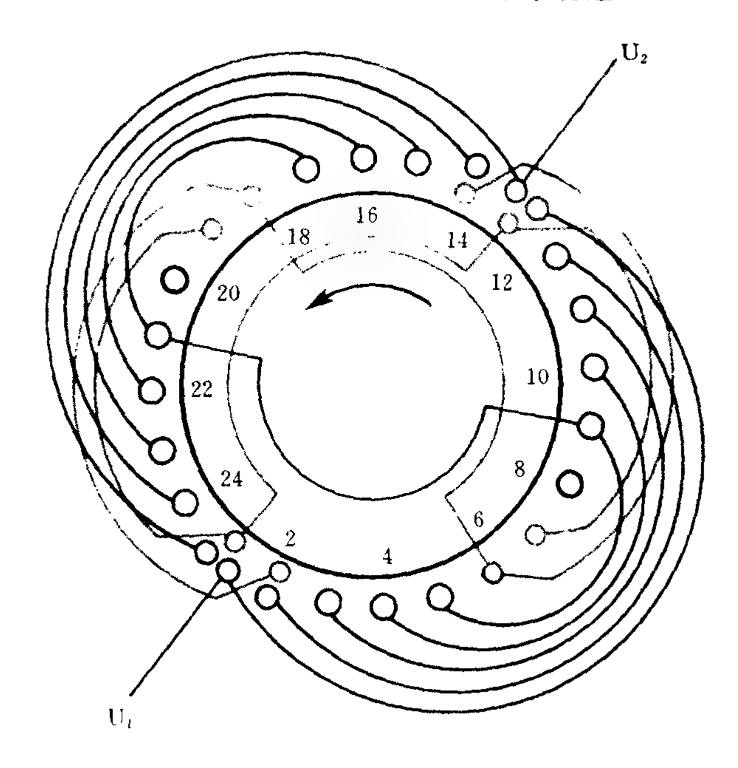
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整嵌法，先嵌主绕组，后绕罩极线圈。嵌线顺序见附表 4-12b。

附表 4-12b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	8	5	9	4	10	3	11	2	12	1	17	20
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	16	21	15	22	14	23	13	24				
	上平面									11	8	12	7
嵌绕次序		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	13	6	18	1	19	24	20	23				

4-13　二极 24 槽罩极电动机 5A/2 分布绕组



彩图 4-13　二极 24 槽罩极电动机 5A/2 分布绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$

主线圈数　$Q_m=8$　　主相组数　$u=2$

主相每组　$S_m=4$　　罩极每组　$S_j=2$

每槽电角　$\alpha=15°$　　罩极布线　双圈同心

罩极偏角　$\theta=45°$

主绕组正弦布线方案见附表 4-13a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 4-13。

附表 4-13a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	极距 τ	节距 Y	K_u(%)	K_{dp}
5A	12	1　13	14.1	0.829
		2　12	27.3	
		3　11	24.5	
		4　10	20.0	
		5　9	14.1	

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组采用 A 类缺 1 圈布线，能有效地消除高次谐波影响，电机有较好的电气性能，而且因绕组布线极面较宽，电机运行也比较稳静；绕组采用 A 类布线，绕组系数也相对高些，利于降低电机铜损。罩极绕组由同心双圈组成，布局比较合理，能满足偏角 45°要求，并获得相对较好的起动和运行性能。

4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组用整嵌嵌入相应槽内，罩极绕组用手绕、嵌绕顺序见附表 4-13b。

附表 4-13b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	5	9	4	10	3	11	2	12	1	13	17	21	16	22	15	23
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
槽号	下平面	14	24	13	1												
	上平面					13	7	14	6	18	2	19	1				

彩图5　单相家用电扇电动机绕组布线接线图

家用电扇包括台扇、落地扇、壁扇、顶扇等，目前广泛采用单相电容运转电动机。电扇均用四极电动机，为单向逆时针旋转，但有单速、双速和三速单速电扇也可外接调速器进行调速运行，但目前已普遍采用有别于其他负载的绕组内部抽头调速，而根据绕组布线、接线的不同而设计出各种型式。下面仅就搜集到的国内外电扇电动机绕组，绘制成布接线彩图，供读者参考，并作说明如下：

(1)电机绕组主要参数。

1)主、副相是主绕组和副绕组的别称。

2)总线圈数是指主、副绕组、调速绕组的总线圈数。

3)绕组组数是指主、副绕组、调速绕组及其分组的组数。

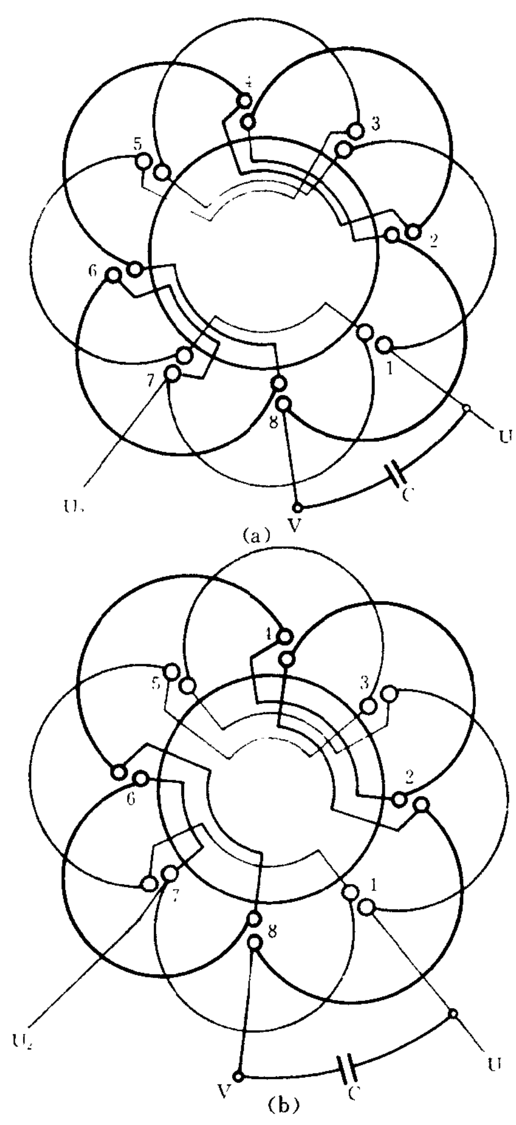
(2)电扇电机绕组出线标记为：主绕组U、副绕组V、主副绕组内部连结点为G，调速引线1、2、3分别为高、中、低速档。

(3)图中绕组标记：主绕组M(脚注m)、副绕组A(脚注a)、调速绕组T(脚注t)。

(4)抽头调速绕组用特殊的形式如“L 2型1 1/2 1/2”表示电扇调速绕组的布线和接线，具体含义可参阅本书正文。

(5)本节图例主绕组用绿色绘制，副绕组用红色绘制，调速绕组用黄色绘制。

5-1 单速 8 槽电扇双层绕组布线



彩图 5-1 单速 8 槽电扇双层绕组布线

(a)8 槽电扇正规(交叠)布线;(b)8 槽电扇简易(整嵌)布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=8$　电机极数 $2p=4$　总线圈数 $Q=8$

绕组组数 $u=2$　主相圈数 $S_m=4$　副相圈数 $S_a=4$

调速圈数 $S_t=0$　绕组极距 $\tau=2$　线圈节距 $Y=2$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 8 槽定子,采用双层布线,8 只线圈构成双层链式绕组。由于节距短,嵌线比较容易,是家用电扇电动机常用的典型绕组型式之一,如需调速可接电抗器。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组可采用两种嵌线方法:

(1)交叠法。此属正规的布线方法,它是将主、副绕组线圈交替嵌,但需吊起 2 边,嵌线完成后,每个线圈两有效边分别处于两槽的上下层,如彩图 5-1(a)所示。交叠嵌线的绕组端部结构紧密,但每只线圈端部均需衬隔绝缘。嵌线顺序见附表 5-1a。

附表 5-1a　　交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	7	6	5		4		3		2		1		8			
	上层				7		6		5		4		3		2	1	8

(2)分层法。它属简便嵌法,是将主绕组和副绕组分别嵌线,从而形成双平面绕组。根据嵌线次序不同,又可用两种嵌法:

1)分层整嵌法 主、副绕组分层嵌线,但每相线圈则要对称嵌入,使每个线圈两有效边在槽内的层次相同,嵌线完成后的布线情况如彩图 5-1(b)所示。嵌线顺序见附表 5-1b。

附表 5-1b　　分 层 整 嵌 法

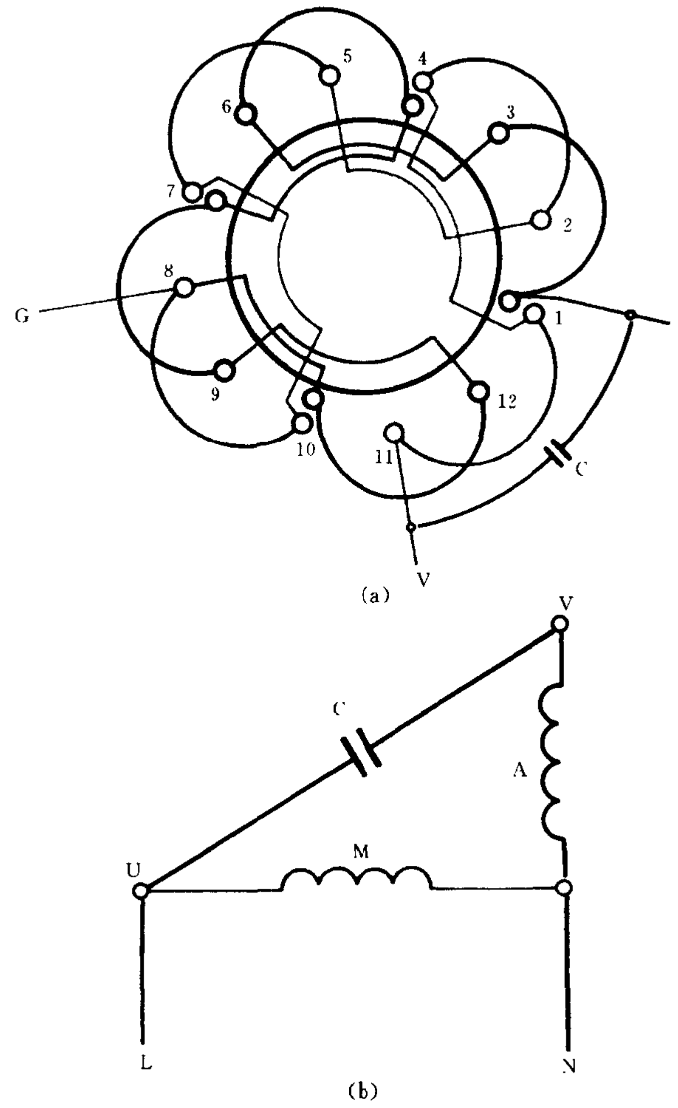
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	1	3	5	7					8	2	4	6				
	上平面					7	1	3	5					6	8	2	4

2)分层交叠法。主、副绕组分层嵌入,但每相线圈仍呈交叠状,故需吊起 1 边。嵌线顺序见附表 5-1c。

附表 5-1c　　分 层 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	7	5		3		1			6	4		2		8		
	上层			7		5		3	1			6		4		2	8

5-2 单速 12 槽电扇单双层绕组布线



彩图 5-2 单速 12 槽电扇单双层绕组布线

(a)绕组布线接线图(此图红色为主绕组，绿色为副绕组)；(b)单速接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=12$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=8$	绕组组数	$u=2$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=0$	绕组极距	$\tau=3$
线圈节距	$Y=2$	绕组系数	$K_{dpm}=0.91$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-2。

3. 绕组结构及布接线特点

定子为 12 槽时，安排显极绕组一般每相用 4 只线圈，8 只线圈需要 16 槽排单层，而 12 槽的每组线圈数 $S=3/4$，即不足 1 槽，为使主、副绕组占槽相等，有 4 个槽要安排双层布线，即每个线圈的一边为单层而另一边为双层，无疑将使线槽的有效面积降低一半，而输出功率也减少一半。为解决此问题，特将 12 槽定子设计成方形，让图中的双层槽 1、4、7、10 安排在铁心四角位置，并加大槽深尺寸而设计成双倍截面积的异形槽，使其嵌入双层线圈边，这样无论是单层或双层槽的槽满率均相等，铁心便能得到充分利用。此外，绕组采用短节距布线，不但嵌线方便、用料较省，而且能有效地削弱高次谐波干扰，其运行性能则优于 8 槽定子的电动机，是目前趋于普及使用的绕组型式。

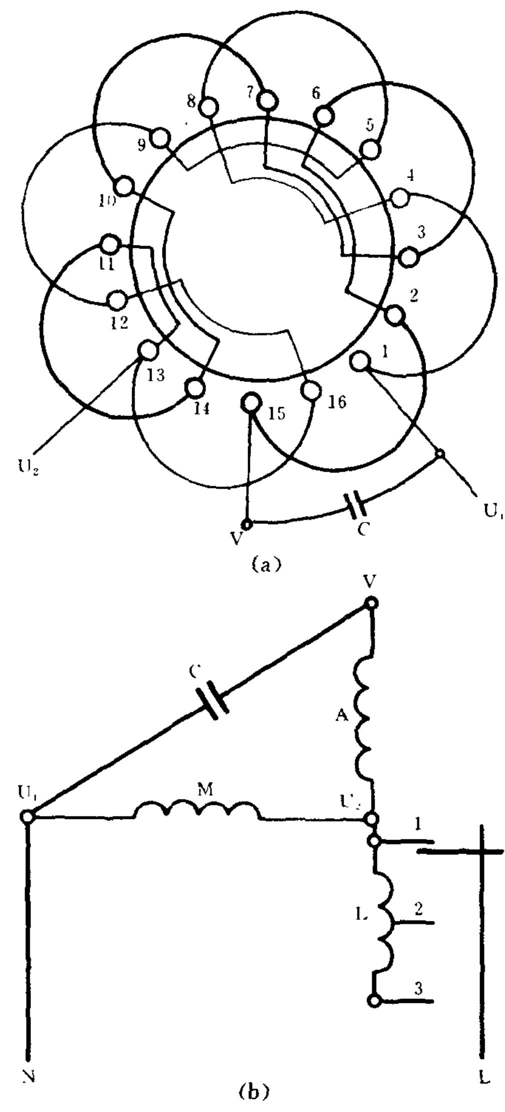
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用整嵌法，宜将主、副绕组 4 只线圈分别连绕后，先把副绕组嵌入，然后再把主绕组嵌入相应槽内。嵌线顺序见附表 5-2。

附表 5-2　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	8	10	5	7	2	4	11	1								
	上平面									10	12	7	9	4	6	11	3

5-3 单速 16 槽电扇单层绕组布线



彩图 5-3 单速 16 槽电扇单层绕组布线

(a)绕组布线接线图;(b)外接电抗调速接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=8$	绕组组数	$u=2$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=0$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dp,m}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极布线,每组线圈数为 1,且节距相等,属单层链式绕组。主、副绕组占槽比为 1,即各由 4 只线圈构成,同相线圈之间的连接是反接串联,使同相相邻的线圈极性相反。此绕组线圈实际节距小于极距,嵌绕方便,且能节省线材。常用作单速电扇的电容运转电动机,若需调速则可外接串联电抗器,如彩图 5-3(b)所示。本方案是家用调速电风扇的基本形式。

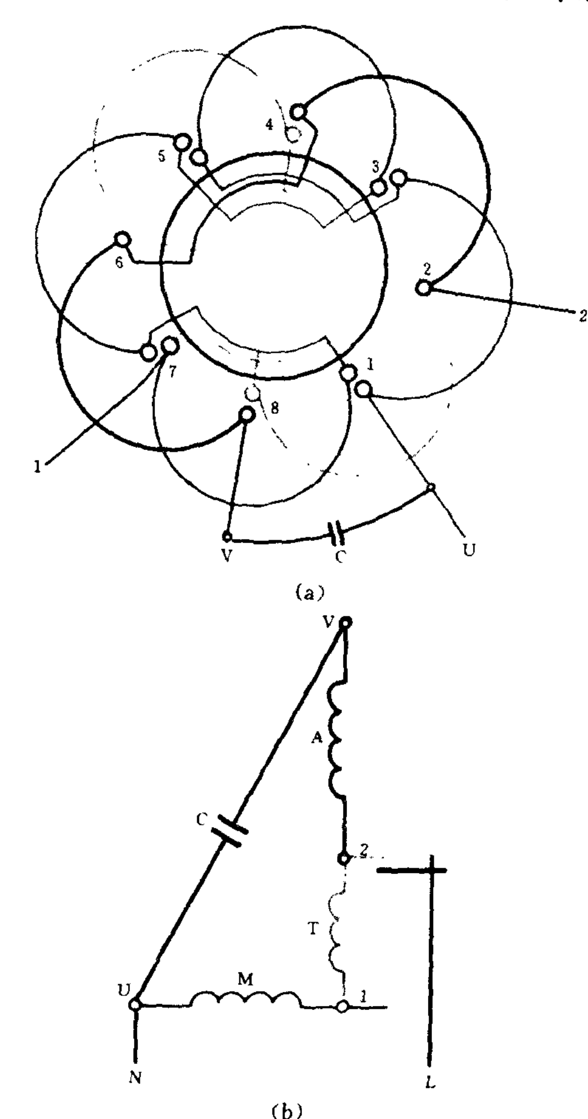
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例可采用连绕工艺绕制线圈组。嵌线则用分层整嵌,即将主绕组线圈逐个嵌入相应槽内,再把副绕组线圈嵌入,使主、副两套绕组的线圈端部呈现双平面结构。嵌线顺序见附表 5-3。

附表 5-3 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	11	14	7	10	3	6

5-4　双速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—2/2—2/2 布线



彩图 5-4　双速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—2/2—2/2 布线

(a)绕组布线接线图；(b)双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=8$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=8$　　绕组组数　$u=3$

主相圈数　$S_m=4$　　副相圈数　$S_a=2$

调速圈数　$S_t=2$　　绕组极距　$\tau=2$

线圈节距　$Y=2$　　绕组系数　$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-4。

3. 绕组结构及布接线特点

此绕组虽属双层链式布线，但 8 只线圈分成 3 组，即主绕组 4 只占1/2槽的线圈，副绕组 2 只占 1/2 槽线圈和 2 只占 1/2 槽的调速绕组，从而构成调速形式为 L　2 型 4/2　2/2　2/2 布线。电动机为双速，外部接线控制原理如彩图 5-4(b)所示。

电扇电动机通常设计成逆时向旋转(下同)，故要求副绕组进线(V)在主绕组进线(U)相邻槽的左侧。本例为 L　2 型，故调速绕组与副绕组同相位，即副绕组和调速绕组各自按庶极连接为同极性，但两绕组必须为异极性。此绕组槽数较少、线圈数少，嵌线方便，但谐波成份较大，性能稍差，目前趋于用 12 槽定子所代替。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例属双层链式结构，可采用两种嵌法：

(1)分层交叠法。主、副绕组分层嵌入，但各线圈均处在槽内上下层次，故需吊边，且绝缘稍显困难，但绕组端部较整齐美观。嵌线顺序见附表 5-4a。

附表 5-4a　　分层交叠法

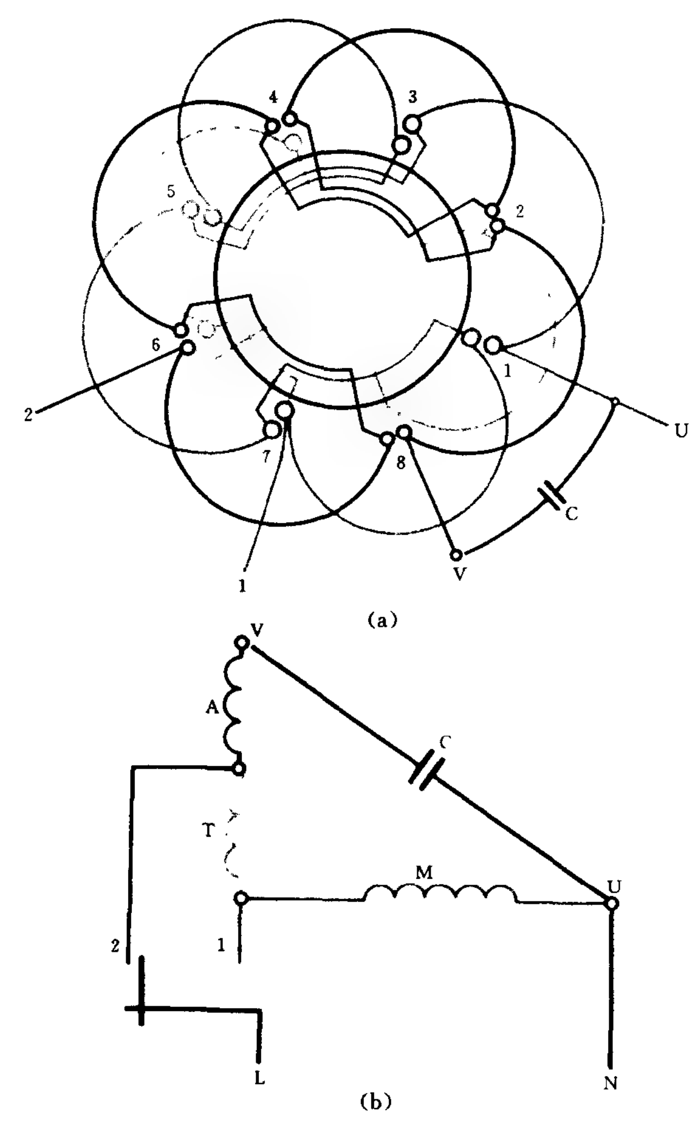
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	7	5		3		1			6	4		2		8		
	上层			7		5		3	1			6		4		2	8

(2) 分层整嵌法。将线圈对称嵌入，既便于嵌线，又易于处理层间绝缘，是普通采用的嵌线方法。嵌线顺序见附表 5 4b。

附表 5-4b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	1	3	5	7	3	5	7	1								
	上平面									6	8	2	4	4	6	8	2

5-5 双速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—4/3—2/3 布线



彩图 5-5 双速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2 4/3 2/3 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=8$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=2$
线圈节距	$Y=2$	绕组系数	$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用 L—2 接线，即主、副绕组在定子上按相隔 90°角安排，其尾端连结成公共点而呈“L”形；又因调速绕组与副绕组同相安排，定为“2”，故对此类调速电动机绕组称为 L—2 型。绕组 8 只线圈中，主绕组 4 只占半槽的线圈，即表示为“4/2”；副绕组 4 只占 1/3 槽（每槽有 3 个有效边）的线圈，表示为“4/3”；调速绕组 2 只占 1/3 槽的线圈，表示为“2/3”，从而构成 L—2 型 4/2—4/3—2/3 布接线型式。

本例主绕组和副绕组均为显极布线，同相相邻线圈应为反极性连接，即“尾与尾”或“头与头”相接；调速绕组只有 2 只线圈，在副绕组同相位槽中对称安排，是庶极布线，应使两线圈电流方向相同，即“尾与头”顺接串联，而且，该组线圈在高速（1）档时的电流方向要与同槽副绕组线圈相同。

此绕组部分槽层次较多，槽满率会稍高；谐波干扰也较大，性能逊于 12、16 槽电机。主要应用于二档调速电风扇电容运转电动机。

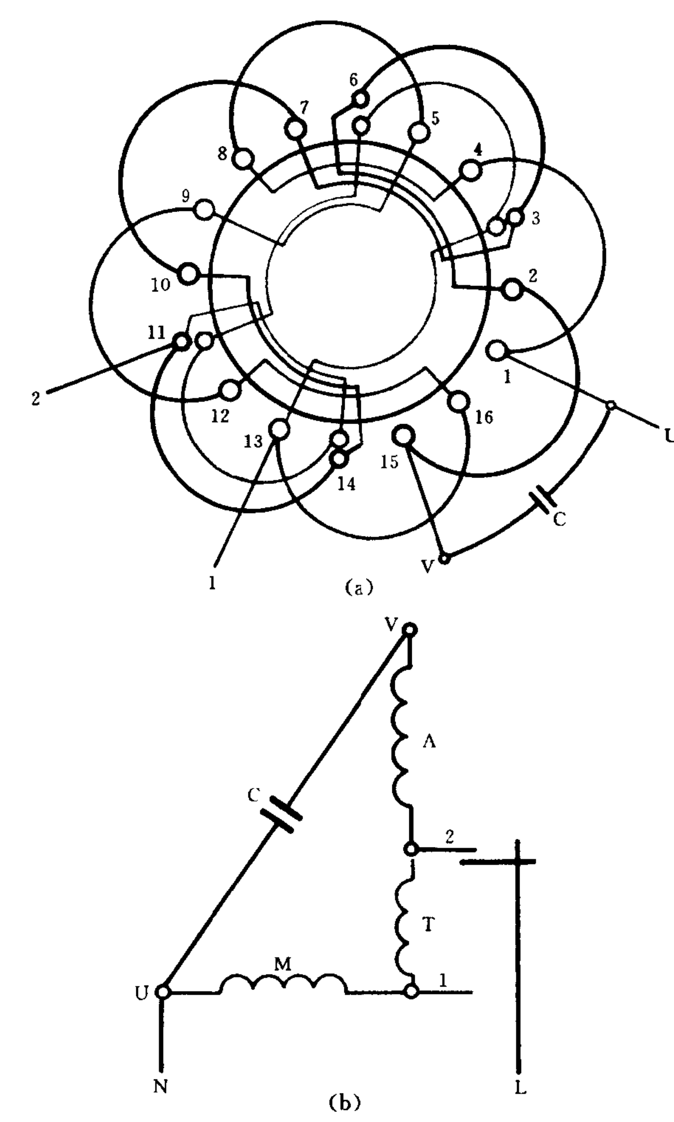
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，但每组线圈对边嵌入。先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，使之形成三层次。嵌线顺序见附表 5-5。

附表 5-5 对称整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	1	3	5	7	3	5	7	1												
	中层									8	2	4	6	6	8	2	4				
	上层																	8	2	4	6

5-6 双速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—2（2/2）—2/2 布线



彩图 5-6 双速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—2（2/2）—2/2 布线

（a）绕组布线接线图；（b）双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例调速绕组与副绕组同相位，属 L—2 型布接线。主绕组由 4 只单层线圈组成；副绕组则有 2 只单层线圈和 2 只占 1/2 槽线圈组成，故表示为 2（2/2），主、副绕组均为显极布线。调速绕组是庶极布线，2 只半槽线圈对称分布并与副绕组同相，接线是顺接串联，并使高速时的线圈极性与同槽副绕组相同。此绕组单层线圈多，铁心的有效利用率较高，嵌线也较方便，谐波干扰也小于 8 槽定子，是目前二档调速电风扇的主要型式。

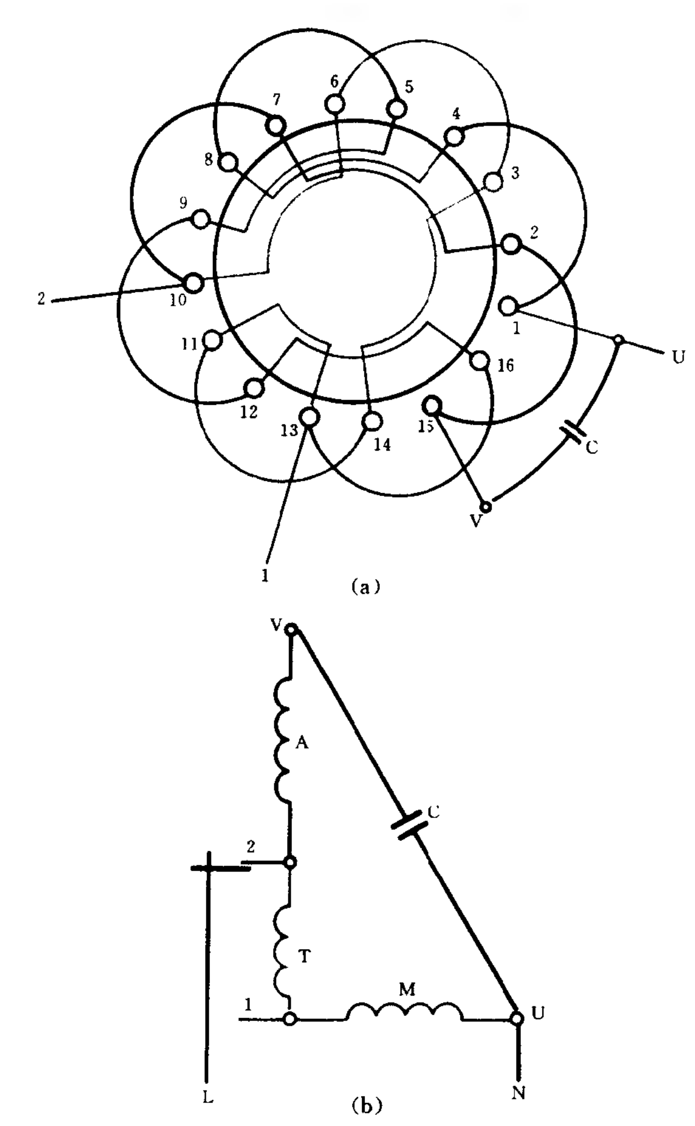
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可分三组连绕，采用分层整嵌，先嵌主绕组于底，再嵌副绕组于面，最后嵌入调速绕组，构成不规整的三平面层次。嵌线顺序见附表 5-6。

附表 5-6　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	中平面									11	14	7	10	3	6	15	2				
	上平面																	11	14	3	6

5-7 双速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—2—2 布线



彩图 5-7 双速 16 槽电扇 L 2 型绕组 4 2 2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p-4$
总线圈数	$Q-8$	绕组组数	$u-3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	S_a-2
调速圈数	S_t-2	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y-3$	绕组系数	K_{dpm} 0.921

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-7。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组全部线圈采用单层布线，主绕组为显极布线，由 4 只整槽线圈组成，相邻线圈是反向串联，即“尾与尾”或“头与头”相接；副绕组只用 2 只线圈对称安排，是庶极布线，线圈顺接串联，即“尾与头”相接；调速绕组也是庶极布线，2 只线圈与副绕组同相位，但不同槽安排。接线原理如彩图 5-7（b）所示。

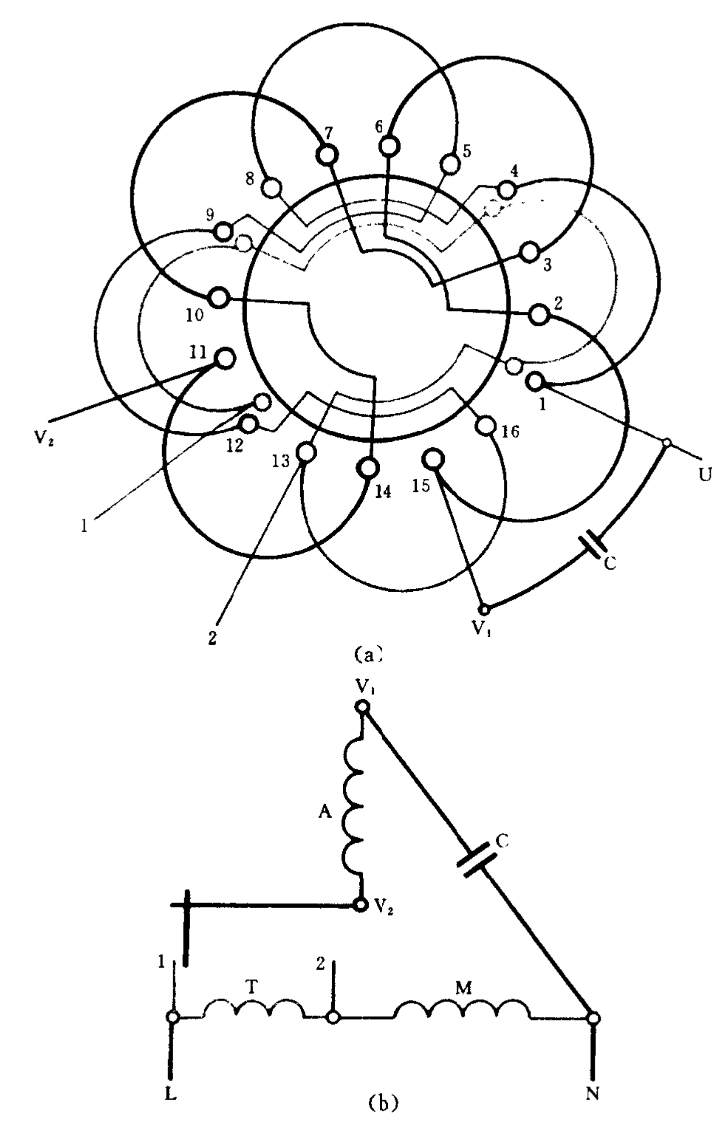
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分组线圈连绕，绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组于下层面，再嵌副绕组，而调速绕组虽后嵌，但其端部与副绕组同层次。各绕组之间必须绝缘相隔。嵌线顺序见附表 5-7。

附表 5-7　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	7	10	11	14	3	6

5-8 双速 16 槽电扇 T—1N 型绕组 2（2/2）—4 –2/2 布线



彩图 5-8 双速 16 槽电扇 T 1N 型绕组 2（2/2）—4—2/2 布线

（a）绕组布线接线图；（b）双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=10$　　绕组组数 $u=3$

主相圈数 $S_m=4$　　副相圈数 $S_a=4$

调速圈数 $S_t=2$　　绕组极距 $\tau=4$

线圈节距 $Y=3$　　绕组系数 $K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5 8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 T 1N 布接线，调速绕组与主绕组同相位安排，当调速档位为“1”时，调速绕组 T 处于主、副绕组之内，如彩图 5-8（b）所示，故属主相内抽头调速。副绕组由单独的 4 只线圈按显极布线；主绕组 4 只线圈也是显极安排；而调速绕组 2 只线圈与主绕组同槽且安排在相对称空间，故系庶极接线，即 2 线圈极性相同，而且电流方向与同槽的主绕组线圈相同。

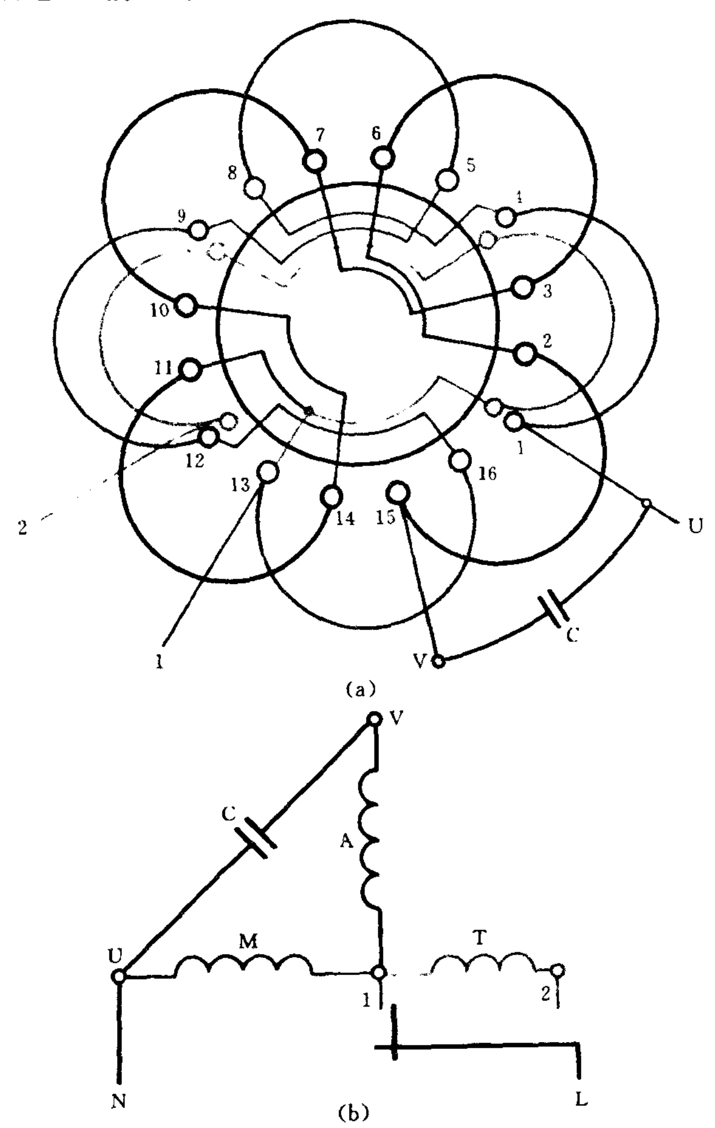
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌线采用分层法，但因调速绕组与主绕组同相，分层嵌序与前面各例略有变化，即先嵌入主绕组，衬垫好绝缘后嵌入调速绕组，最后才将副绕组嵌于面。嵌线顺序见附表 5-8。

附表 5 8　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	中平面									1	4	9	12								
	上平面													11	14	7	10	3	6	15	2

5-9 双速 16 槽电扇 T -1W 型绕组 2（2/2）—4—2/2 布线



彩图 5-9 双速 16 槽电扇 T -1W 型绕组 2（2/2） 4 2/2 布线

（a）绕组布线接线图；（b）双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dp.m}$ 0.921

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组与上例同是 T 型 1 类绕组，即调速绕组与主绕组同相位，其接线则有别于上例，它的主、副绕组尾端是固定连结点，不像上例作为移动点。而且，无论任何挡位，调速绕组均被排除在连结点之外，如彩图 5 9（b）所示，故此绕组称为主相外抽头调速。

绕组由 4 只主相线圈按显极布线，其中 2 只是单层线圈，2 只为占槽 1/2 的线圈；副绕组则是 4 只单层线圈，也是显极布线；调速绕组由 2 只 1/2 槽线圈对称分布于主绕组槽中，属庶极布线，即两线圈电流方向相同，且与主绕组同槽线圈同极性。

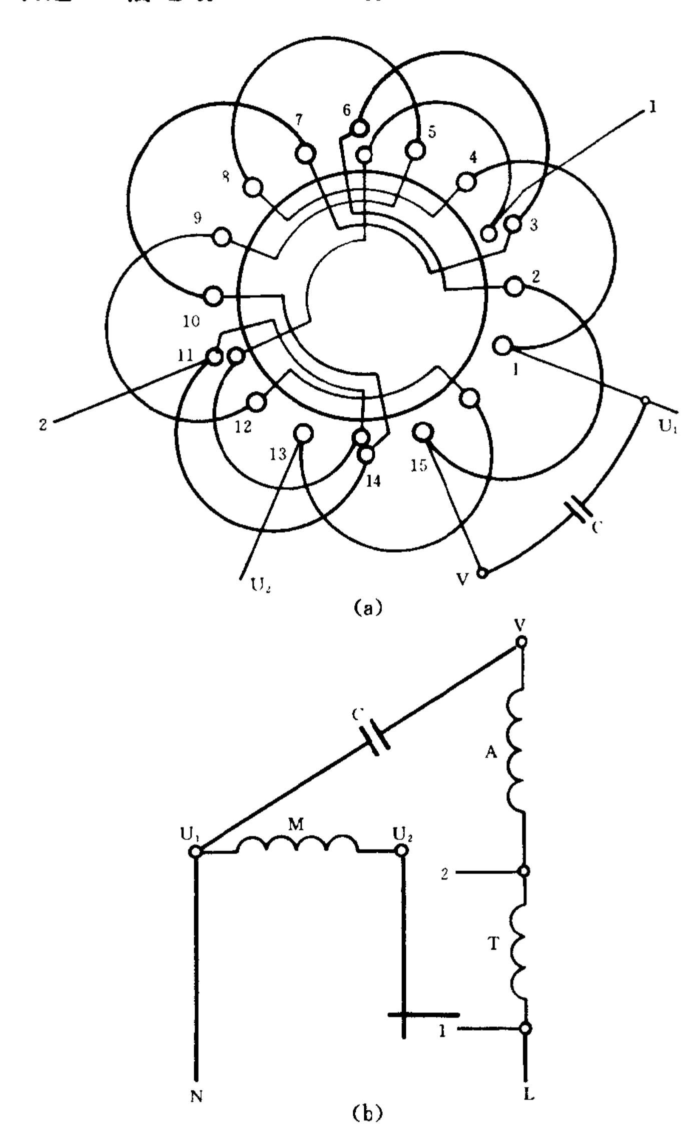
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分层整嵌，先把主绕组嵌入相应槽内，垫好层间绝缘后把调速绕组按图嵌入，最后嵌入副绕组。嵌线顺序见附表 5-9。

附表 5 9　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	中平面									9	12	1	4								
	上平面													11	14	7	10	3	6	15	2

5-10 双速 16 槽电扇 T—2N 型绕组 4—2（2/2）—2/2 布线



彩图 5-10 双速 16 槽电扇 T—2N 型绕组 4—2（2/2）—2/2 布线
（a）绕组布线接线图；（b）双速控制接线图

1．电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.921$

2．绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-10。

3．绕组结构及布接线特点

本例绕组与前两例不同，是 T 型 2 类布接线，即调速绕组与副绕组同相位，其调速形式则与例 5-8 相同，即主、副绕组尾端连结点是移动的，是以主绕组尾端 U_2 通过档位开关连结，如彩图 5-10（b）所示，当档位为“1”时调速绕组包含在连结点之内，故称副相内抽头调速。

绕组中的调速绕组对称安排于副绕组同槽面层，是庶极布线，接线时两线圈为顺接串联，即两线圈的“尾与头”相接，但应使其极性与同槽的副绕组线圈相同；主绕组和副绕组均有 4 只线圈，是显极布线。主绕组的尾端 U_2 不与副绕组连接，而单独引出与档位开关相接如彩图 5-10（b）所示。副绕组尾端则与调速绕组头端串联并抽出档位线 2，尾端引出档位线 1 并与电源相接。

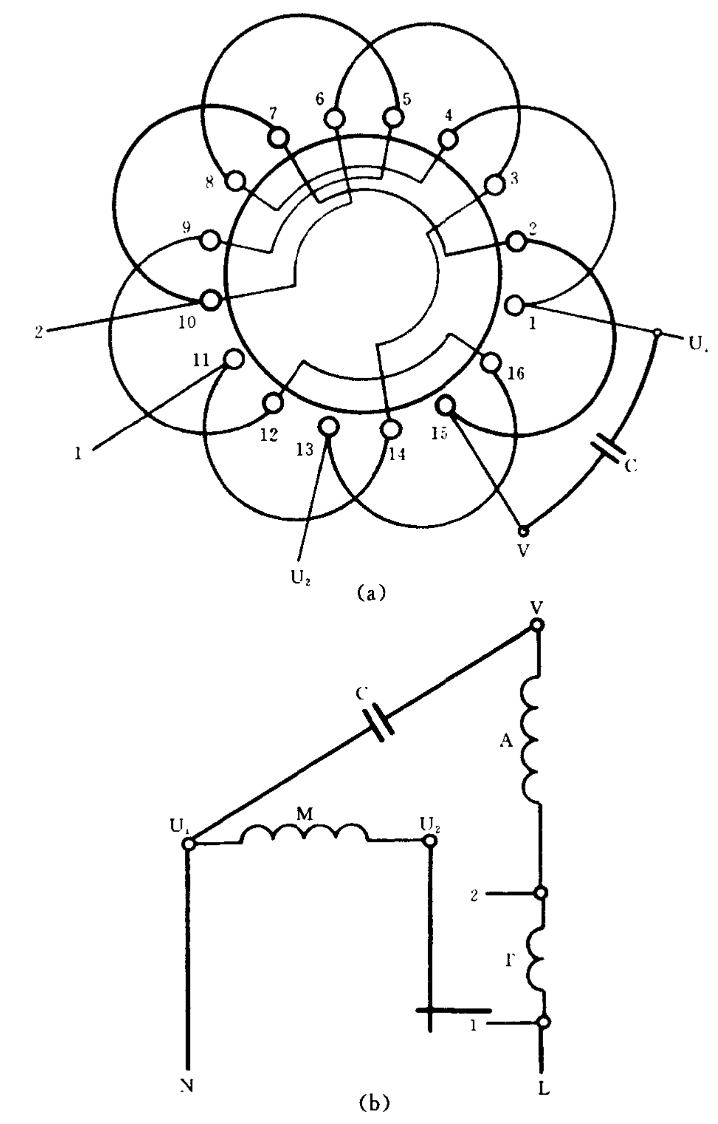
4．绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组。嵌线顺序见附表 5-10。

附表 5-10　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	中平面									11	14	7	10	3	6	15	2				
	上平面																	11	14	3	6

5-11　双速 16 槽电扇 T-2N 型绕组 4—2—2 布线



彩图 5-11　双速 16 槽电扇 T-2N 型绕组 4—2—2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=8$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=2$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-11。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组全系单层线圈，线圈数少，嵌绕方便。主绕组有 4 只线圈，采用显极布线，即相邻线圈极性相反，接线是“尾与尾”或“头与头”相接。副绕组和调速绕组均系 2 只线圈，庶极布线，两两对称安排如彩图 5-11(a) 所示，各自顺接串联成两组，最后将其串联，并抽出调速档线头“2”、“1”，但必须确保两组线圈的电流方向是相反的。此绕组的副绕组与调速绕组同相位，故属“2”类布线；而主绕组尾端 U_2 不与副绕组直接连接，且在“1”档时调速绕组在交接点之内，故系副相内抽头调速绕组。

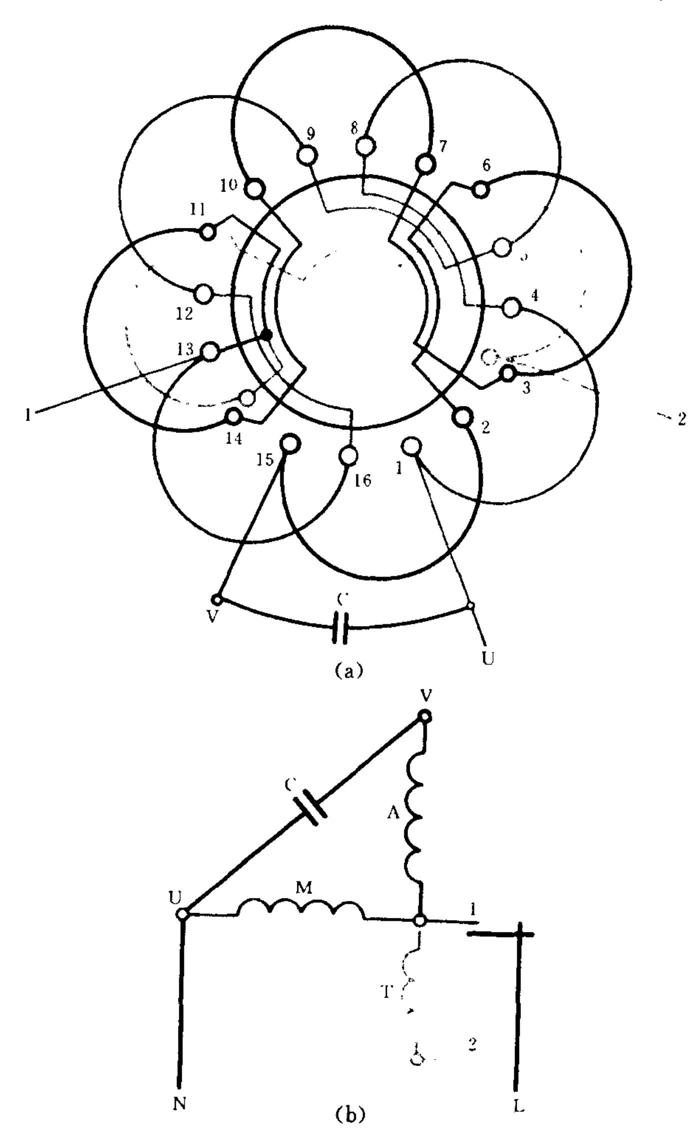
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，嵌好后再把副绕组嵌入相应槽内，最后嵌入调速绕组。因副绕组和调速绕组没有端部交叠，故此两绕组共处同一平面，但各绕组之间都必须衬垫绝缘。嵌线顺序见附表 5-11。

附表 5-11　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	7	10	6	3	11	14

5-12　双速 16 槽电扇 T—2W 型绕组 4—2（2/2）—2/2 布线



彩图 5-12　双速 16 槽电扇 T　2W 型绕组 4　2（2/2）　2/2 布线

（a）绕组布线接线图；（b）双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=10$　　绕组组数　$u=3$

主相圈数　$S_m=4$　　副相圈数　$S_a=4$

调速圈数　$S_t=2$　　绕组极距　$\tau=4$

线圈节距　$Y=3$　　绕组系数　$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例调速绕组与副绕组同相位，是 T 型 2 类绕组，而且调速绕组在主、副绕组公共点之外，故是副相外抽头调速。主绕组有 4 只单层线圈，按显极式分布；副绕组也是显极，由 2 只单层线圈和 2 只占槽 1/2 的线圈组成；调速绕组有占槽 1/2 的线圈 2 只，庶极分布对称安排与副绕组同槽，其接线是顺向串联，即头尾相接，而且极性应与同槽副绕组线圈的极性相同。

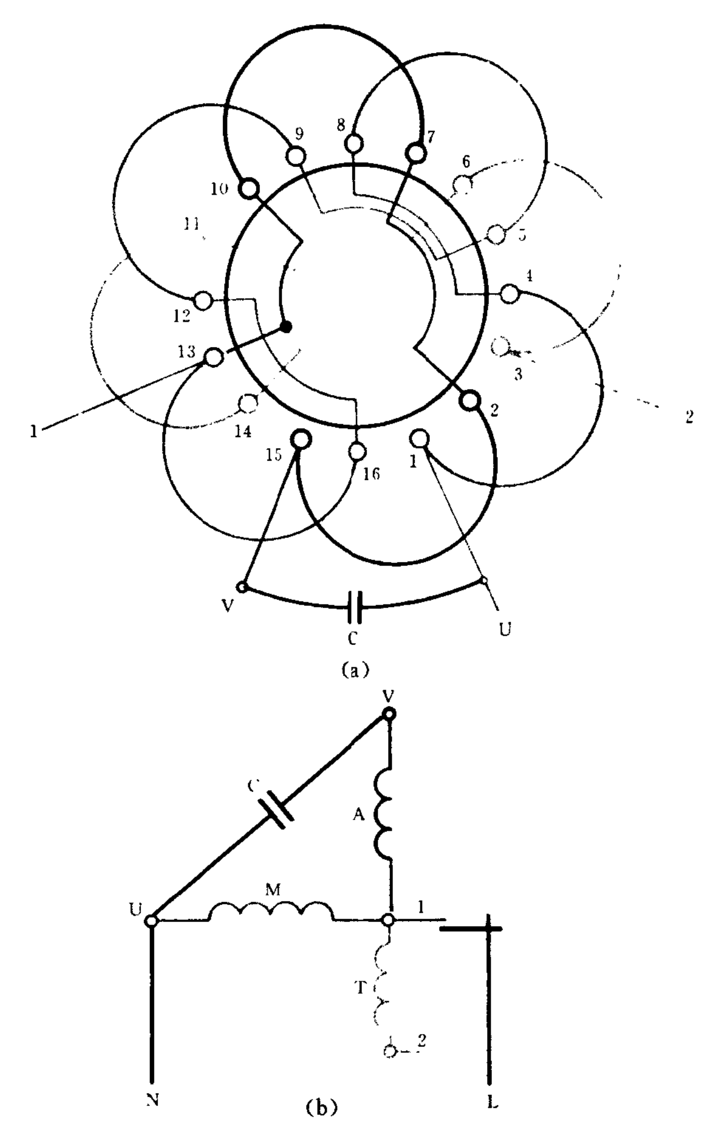
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，主、副绕组线圈端部分处双平面上，调速绕组嵌于副绕组槽的上层，各绕组之间衬垫绝缘层，从而构成不规整的三平面绕组。嵌线顺序见附表 5 12。

附表 5 12　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	中平面									11	14	7	10	3	6	15	2				
	上平面																	11	14	3	6

5-13　双速 16 槽电扇 T—2W 型绕组 4—2—2 布线



彩图 5-13　双速 16 槽电扇 T—2W 型绕组 4—2—2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=8$	绕组组数	$u=3$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=2$
调速圈数	$S_t=2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-13。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组采用单层布线，绕组由主、副、调 3 组线圈构成，主绕组有 4 只整槽线圈，是显极布线，相邻线圈间极性应相反，即“尾与尾”或“头与头”相接；副绕组占 2 只整槽线圈，安排在对称位置，采用庶极接法，即“尾与头”将线圈顺接串联；调速绕组也是庶极布线，且与副绕组同相位，但不同槽安排。绕组采用 T 型 2 类，且主、副绕组公共点内部连接，调速绕组如彩图 5-13（b）所示在公共点以外，故属“W”型，即是副相外抽头调速。

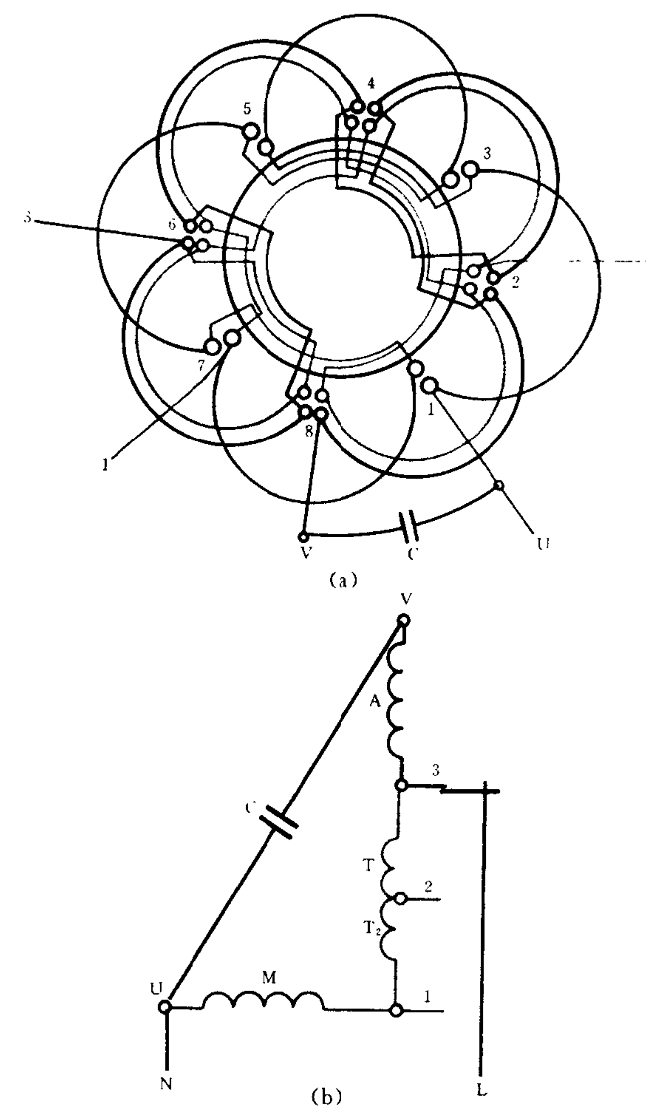
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分层嵌线，先嵌主绕组线圈构成下层平面；再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，但副、调两绕组的线圈互不相叠，故实际处于同一平面，故此绕组的整体结构仍是双平面。嵌线顺序见附表 5-13。

附表 5-13　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	13	6	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	7	10	3	6	11	14

5-14　三速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—4/4—4/4 布线



彩图 5-14　三速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—4/4—4/4 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=8$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=2$
线圈节距	$Y=2$	绕组系数	$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-14。

3. 绕组结构及接线特点

本例是 8 槽的三速绕组，采用 L—2 型布接线。主绕组为 4 只 1/2 槽线圈；副绕组和调速绕组均由 4 只 1/4 槽线圈组成，主、副绕组均用常规的显极式布接线，即同相相邻线圈反极性串联。调速绕组中间抽头为三档调速，见彩图 5-14（b）所示。为使其获得均衡调速，避免气隙磁场产生单边磁拉力而引起电机运行不平稳，调速绕组采用长跳接线，即相对称的两线圈为一组，同组两线圈的极性相同，但它的极性必须与同槽副绕组线圈的极性一样。此绕组换档运行平稳，但副绕组槽中有 4 个元件边，层次多，层间绝缘占去槽面积的比率较大，使有效槽满率降低，而且线圈数多，嵌绕和接线都较费工时。

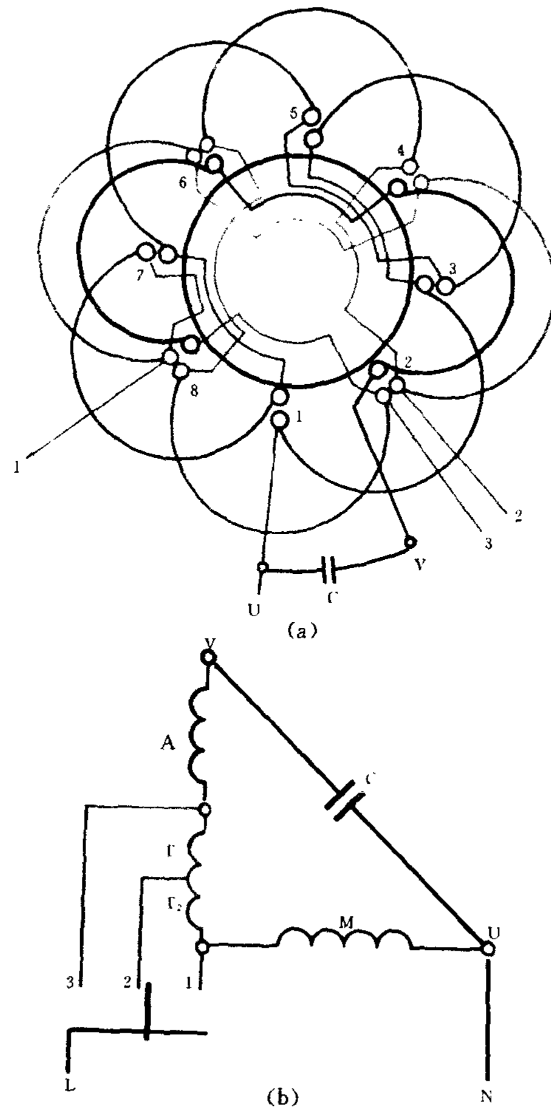
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，但要对称嵌线。嵌绕顺序见附表 5-14。

附表 5-14　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	1	3	5	7	3	5	7	1				
	中平面									6	8	4	6
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	中平面	2	4	8	2								
	上平面					6	8	2	4	8	2	4	6

5-15 三速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—2/3—4/3 布线



彩图 5-15 三速 8 槽电扇 L—2 型绕组 4/2—2/3—4/3 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=8$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=2$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=2$
线圈节距	$Y=2$	绕组系数	$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-15。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组采用 L 型 2 类布接线，主绕组是双层线圈 4 只，显极式布线，相邻线圈反极性串联；副绕组仅用 2 只线圈，安排在对称位置，是庶极布线，故接线是“尾与头”连接，使其极性相同；调速绕组则有 4 只线圈，与副绕组同相位，其中两只线圈与副绕组同槽安排，故其极性也应与副绕组相同。此外，调速绕组分为对称两组，并使同极性两线圈串联，中间抽头为中速“2”档，控制接线参看彩图 5-15 (b)。此绕组按实测绘制，原转向是顺时向旋转，如需反转向则只可调反主绕组，即把主绕组进线 U 改到槽 7 下层引出，并将调速绕组的连线（黄色）改接到原来槽 1 原来 U 的出线处。

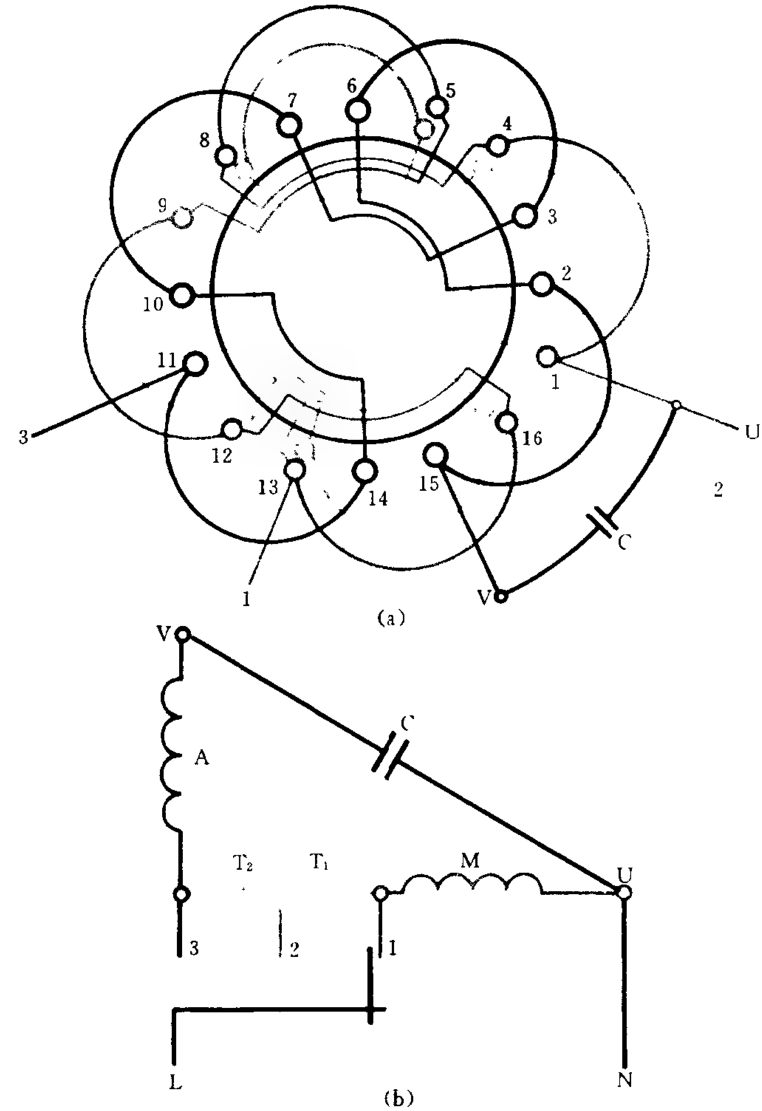
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组入相应槽内，再嵌调速绕组，最后再嵌入副绕组。嵌线顺序见附表 5-15。

附表 5-15 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	7	1	5	7	3	5	1	3												
	中平面									8	2	4	6	2	4	6	8				
	上平面																	6	8	2	4

5-16 三速 16 槽电扇 L—1 型绕组 4/2—4—4/2 布线



彩图 5-16 三速 16 槽电扇 L—1 型绕组 4/2—4—4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-16。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是 L 型并用 1 类布线，即调速绕组与主绕组同相位。全套绕组分 4 组，一组是主绕组，它由 4 只占槽 1/2 的线圈组成，嵌于槽的底层（图中绿色线圈）；二组是副绕组（图中红色线圈），与主绕组偏移 90°电角，由 4 只单层线圈组成；调速绕组也是 4 只 1/2 槽的线圈，但为得到对称切换调速，分为对称分布的两组，中间抽头，如彩图 5-16（b）所示。调速绕组各线圈的极性必须与同槽的主绕组线圈相同。

由于调速绕组与主绕组同相位串联，电容器两端的电压较高，必须选用高耐压的电容器，从而使电机装配体积增大及成本增加，为此通常只宜用于电压较低的场合使用的电风扇。

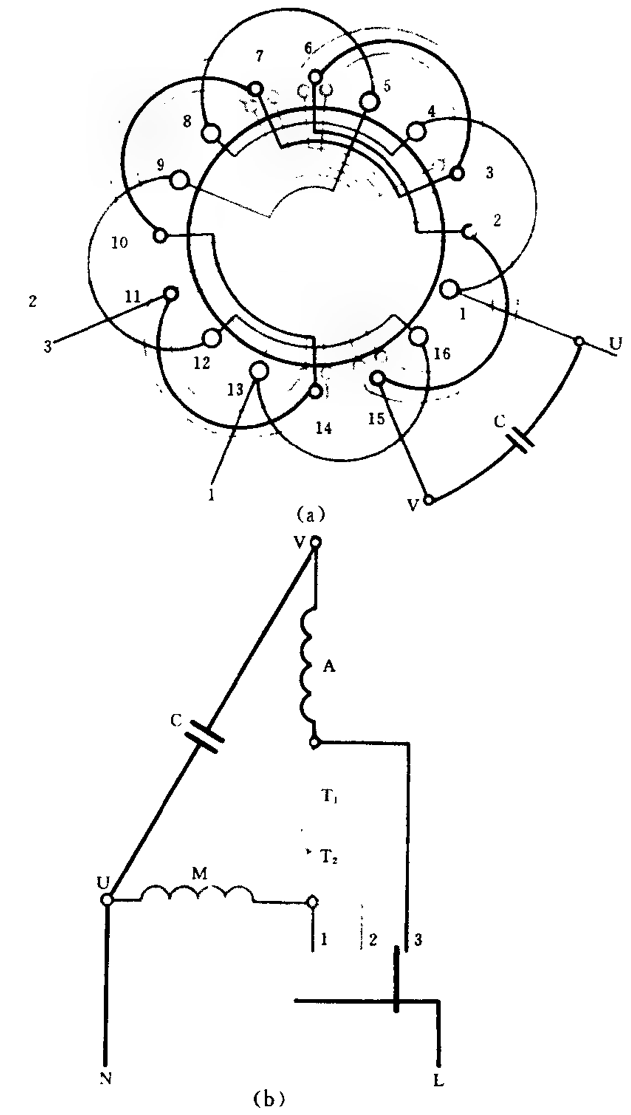
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，衬垫好绝缘后再把调速绕组嵌入，最后嵌入副绕组。嵌线顺序见附表 5-16

附表 5-16　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4				
	中平面									13	16	5	8
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	中平面	1	4	9	12								
	上平面					11	14	7	10	3	6	15	2

5-17 三速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—4/3—8/3 布线



彩图 5-17 三速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—4/3—8/3 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=16$　　绕组组数 $u=4$

主相圈数 $S_m=4$　　副相圈数 $S_a=4$

调速圈数 $S_t=4+4$　　绕组极距 $\tau=4$

线圈节距 $Y=3$　　绕组系数 $K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-17。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 L—2 型绕组。主绕组是 4 只单层线圈，显极布线，副绕组与调速绕组同相位，即 4 只副绕组线圈与 8 只调速绕组线圈同槽安排，使每槽均有 3 个线圈边。副绕组和调速绕组均采用显极布线，而调速绕组分两组，每组 4 只线圈，换档时 4 只线圈同时切换，不致造成因换档而产生气隙磁场的局部畸变，就这点而言则优于其他抽头调速。但线圈太多，无论是绝缘、嵌绕和接线都增加不少工作量，故难以推广应用。

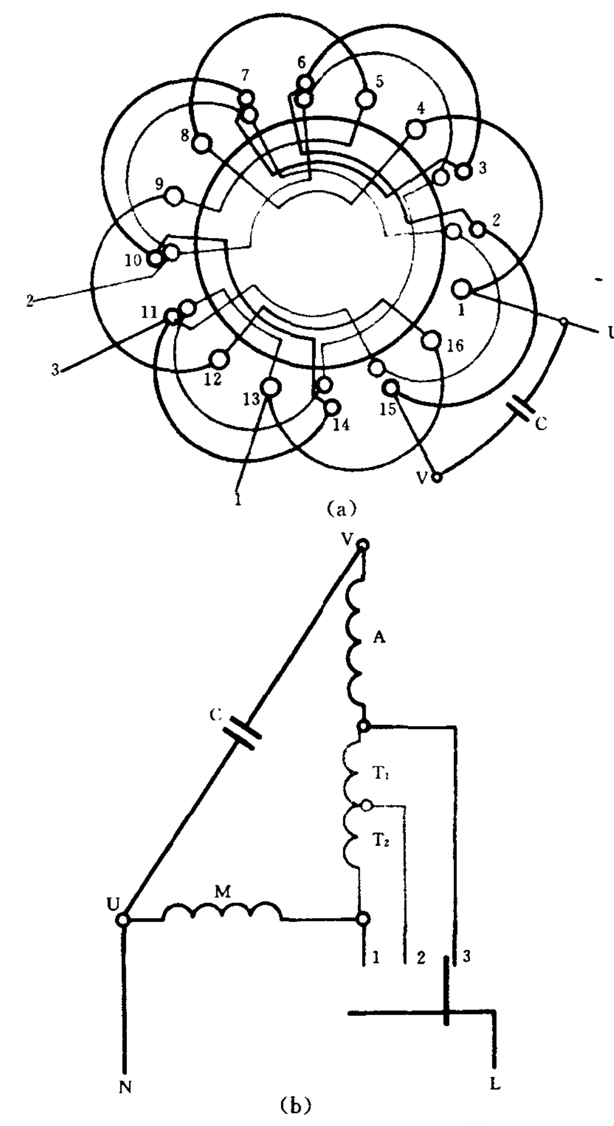
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，然后嵌调速绕组 T_1，最后嵌入 T_2。嵌绕次序见附表 5-17。

附表 5-17　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下一层	13	16	9	12	5	8	1	4								
	下二层									11	14	7	10	3	6	15	2
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	上二层	11	14	7	10	3	6	15	2								
	上一层									11	14	7	10	3	6	15	2

5-18 三速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—4/2—4/2 布线



彩图 5-18 三速 16 槽电扇 L 2 型绕组 4 4/2 4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dp\cdot m}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5 18。

3. 绕组结构及布接线特点

调速绕组与副绕组同相位，故属 L 2 型布线。绕组由主、副各 1 组及 2 组调速绕组构成，其中主绕组有单层线圈 4 只，采用显极布线；副绕组和调速绕组也各为 4 只，同槽上下层布线，而且要求副、调线圈极性一致，但必须使相邻线圈极性相反以满足显极布线的要求。为使调速绕组对称切换档位，调速绕组的两组线圈应对称安排。此绕组双层槽较多，嵌线接线工艺较繁，但谐波影响较少，是三速电风扇常用的绕组型式。

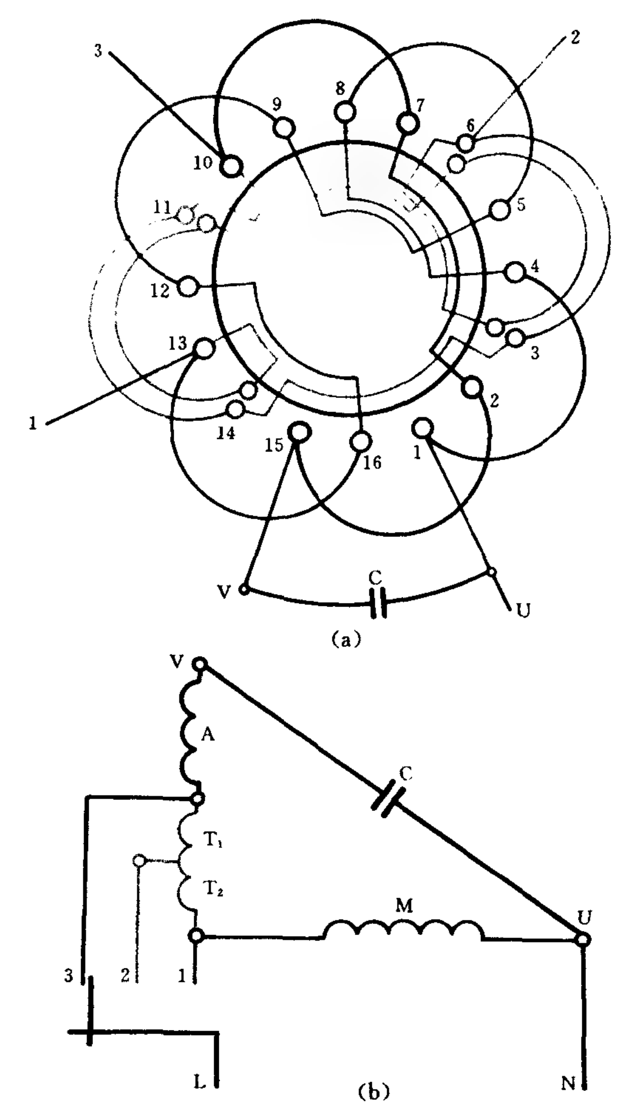
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，从而构成层次不同的三平面绕组。嵌线顺序见附表 5 18。

附表 5-18　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	11
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4						
	中平面									11	14	7	10	3	6
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	中平面	15	2												
	下平面			7	10	15	2	11	14	3	6				

5-19 三速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—2—4/2 布线



彩图 5-19　三速 16 槽电扇 L—2 型绕组 4—2—4/2 布线

（a）绕组布线接线图；（b）三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=12$　　　绕组组数　$u=4$

主相圈数　$S_m=4$　　　副相圈数　$S_a=2$

调速圈数　$S_t=2+2$　　　绕组极距　$\tau=4$

线圈节距　$Y=3$　　　绕组系数　$K_{dm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-19。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组由 12 个线圈构成，主绕组有 4 只单层线圈，显极布线；副绕组仅用 2 只单层线圈对称安排，是庶极布线，接线要顺接串联，即“尾与头”相接；调速绕组的安排也有别于前面各例，而将 4 只线圈安排双层并对称分布，独占 4 槽，因系二速，调速绕组中间抽头，即将对称的两只下层线圈为一组，两只上层线圈为另一组，其接线均是顺接串联，但在高速档时线圈的极性均要与相邻副绕组线圈相反。此绕组调速性能较好，其接线则较上例简练，但仅占 4 槽的副绕组可能会因槽满率过高而导致输出减少。

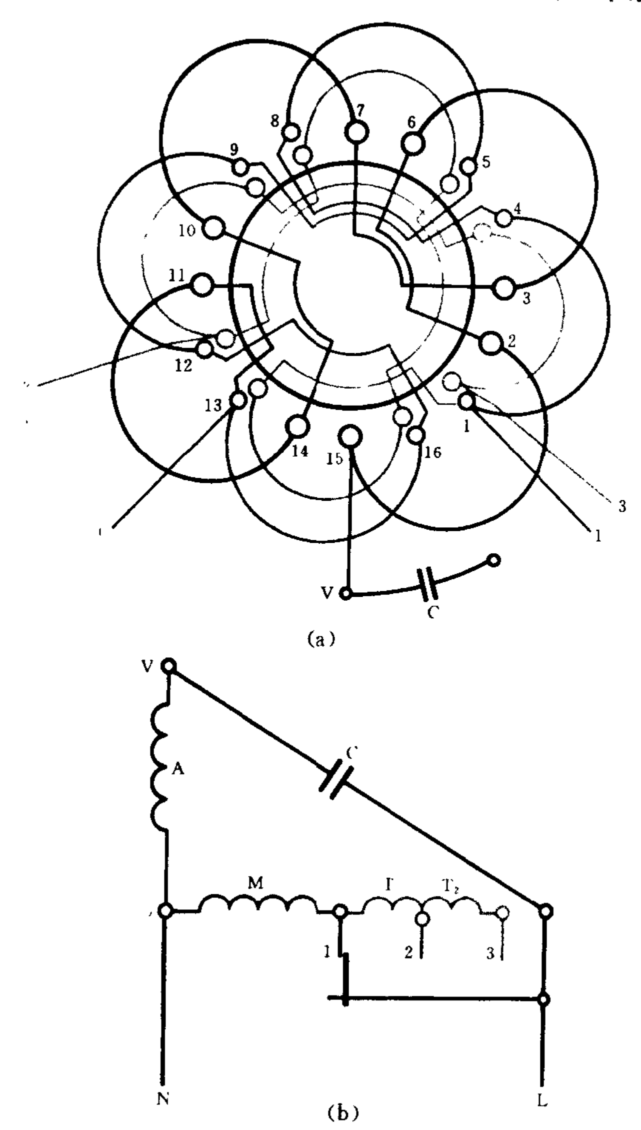
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，因副、调绕组的线圈没有重叠，实质同处一平面，所以此绕组的线圈端部仍构成双平面，但调速绕组的上下层线圈依然要有层间绝缘。嵌线顺序见附表 5-19。

附表 5-19　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4												
	上平面									15	2	7	10	11	14	3	6	11	14	3	6

5-20 三速 16 槽电扇 L—1W 型绕组 4/2—4—4/2 布线



彩图 5-20 三速 16 槽电扇 L—1W 型绕组 4/2—4—4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=1$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-20。

3. 绕组结构及布接线特点

本例系改变主相匝数调速。主绕组与调速绕组同相位，调降转速是在主绕组正常匝数的条件下增加主相总匝数，使其阻抗增加，运行电流减少，电动机的转矩减少而使转速降下来。此种型式的调速绕组可以选用较细的导线，但要达到通常电扇的调减转速，一般要增加 1.5 倍主绕组匝数。这样会使主绕组的槽满率大增而将严重影响电机的输出功率，因此目前极少采用。

绕组各由 4 只线圈组成主、副、调三绕组，主、副绕组是显极布线，而调速绕组虽是显极布线，但分为对称两组，同组两线圈同极性接线，两组必须反极性，而且各调速绕组线圈要与同槽主绕组极性相同。另外，通常的 L 型调速绕组均属内接式，即三绕组与电容器构成封闭的三角形，而本例则是外接的，即与电容器要通过档位开关来封闭，而且高速时的调速绕组在三角形之外，如彩图 5-20（b）所示。

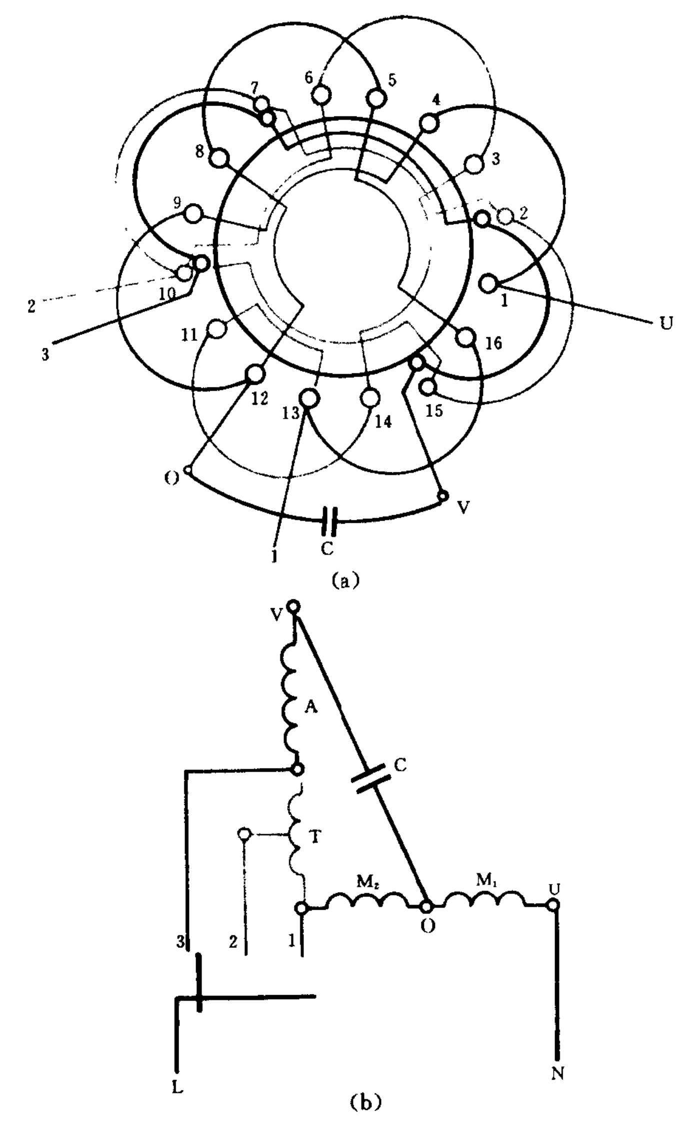
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整嵌法，先嵌主绕组，再嵌调速绕组，最后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 5-20。

附表 5-20　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4						
	上平面									13	16	5	8	9	12
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	上平面	1	4	11	14	7	10	3	6	15	2				

5-21　三速 16 槽电扇 h—2 型绕组 4—2/2—2（2/2）布线



彩图 5-21　三速 16 槽电扇 h—2 型绕组 4—2/2—2（2/2）布线

（a）绕组布线接线图；（b）三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=10$	绕组组数	$u=5$
主相圈数	$S_m=2+2$	副相圈数	$S_a=2$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-21。

3. 绕组布线接线特点

h 型抽头调速是由 L—2 调速演变而来，它是把原接于 U 端的电容器改接到主绕组抽头端 O，故又称双抽头调速。h 型的调速绕组与副绕组同相位，副绕组有 2 只半槽线圈安排在对称位置，用庶极接线；调速绕组则有 2 只整槽线圈和 2 只半槽线圈对称分布成两组；主绕组也是显极布线，但 4 只单层整槽线圈也分成两组并对称分布于定子上，同组线圈同向串联使极性一样，但两组极性必须相反，如彩图 5-21（a）所示。移相电容器一端接副绕组相头 V，另一端接到主绕组抽头 O 点，如彩图 5-21（b）所示。

此绕组具有调速方便，性能良好，且可节省能源的优点，但绕组结构较复杂，嵌绕、接线耗费工时。但必须指出，h 型调速不是随意将 L 型改接而成，它的绕组参数必须重新设计。

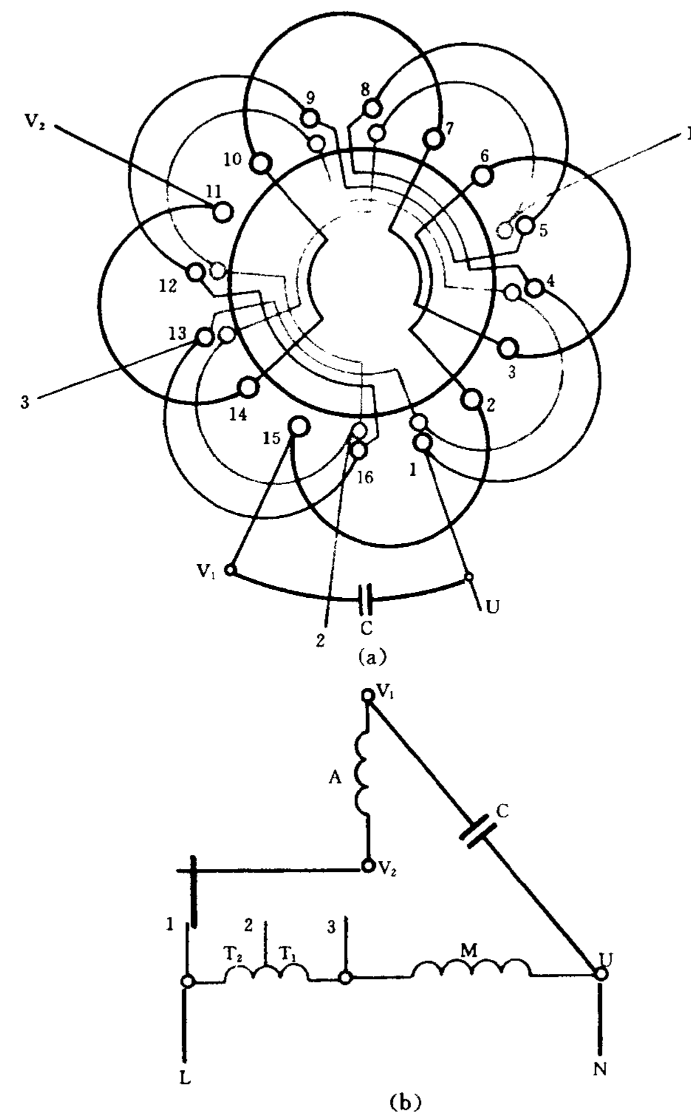
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分层整嵌，先将主绕组分两组对称嵌入槽内，再把调速绕组也分对称两组按图嵌入，最后再嵌副绕组。嵌线顺序见附表 5-21。

附表 5-21　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	16	5	8	9	12	1	4						
	上平面									11	14	3	6	7	10
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20								
槽号	上平面	15	2	15	2	7	10								

5-22 三速 16 槽电扇 T—1N 型绕组 4/2—4—4/2 布线



彩图 5-22 三速 16 槽电扇 T—1N 型绕组 4/2—4—4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-22。

3. 绕组结构及布接线特点

此例 T 型绕组属 1 类，调速绕组与主绕组同相位，并与副绕组呈 90°电角分布而构成“T”字。因转速换至“1”档时，调速绕组成为主绕组的一部分，主、副绕组连接点在“1”，即调速绕组在连接点之内，故称主相内抽头调速，三速调速接线原理如彩图 5-22（b）所示。

绕组由 12 只线圈组成，副绕组由 4 只单层线圈按显极布线；主、调绕组均由 4 只双层线圈按显极布线，同槽安排，但调速绕组为满足对称调速而分成对称的两组，接线时是对称顺接串联成同极性，但与另一组呈反极性，而且在高速时与同槽主绕组线圈极性相同。

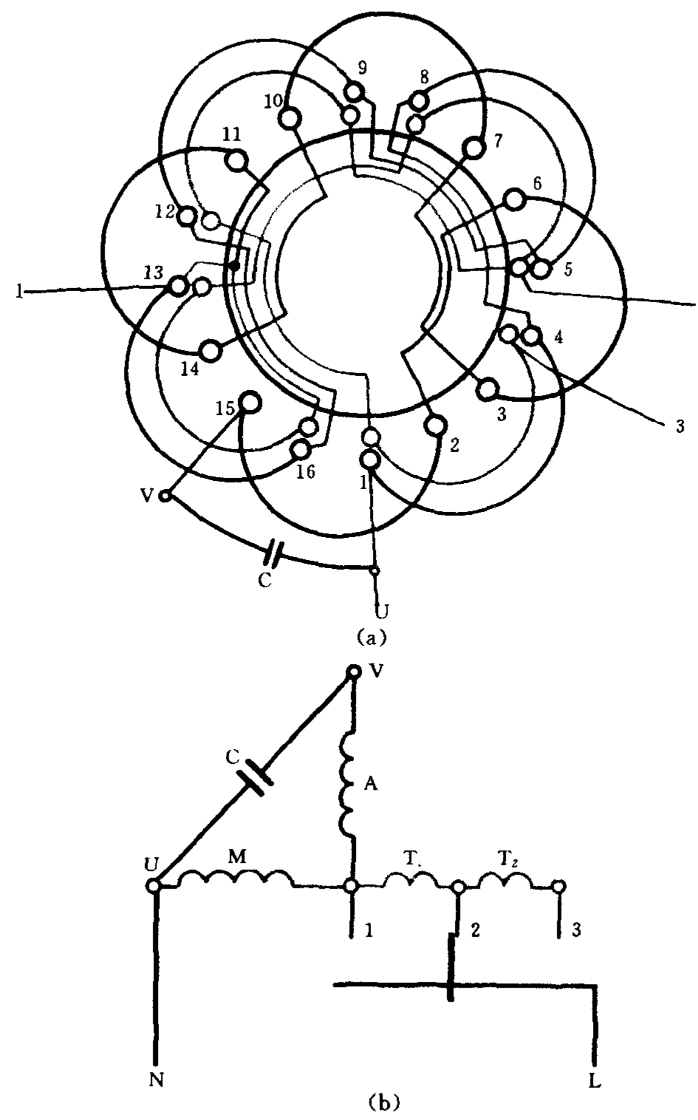
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用整嵌法，先嵌主绕组，再对称嵌入调速绕组，最后再嵌副绕组。主绕组和调速绕组虽是同槽上下层布线，且其端部共处同一平面，但必须进行层间绝缘。嵌线顺序见附表 5-22。

附表 5-22 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4	13	16	5	8	1	4
	上平面														
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	下平面	9	12												
	上平面			11	14	7	10	3	6	15	2				

5-23 三速16槽电扇T—1W型绕组4/2 4 -4/2布线



彩图5-23 三速16槽电扇T—1W型绕组4/2 4 4/2布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图5-23。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组与上例同属T—1型绕组，但上例为主相内(N)抽头，本例则是主相外(W)抽头，即主、副绕组尾端在内部连结，而调速绕组在结点之外。如彩图5-23(b)所示。主绕组为双层布线，与调速绕组同槽布线，均是显极绕组，但调速绕组分两组，采用长跳接线，故同组极性相同，但两组极性必须相反，而且与同槽主绕组线圈的极性必须相同。副绕组由4只单层线圈组成，采用显极式布接线。由彩图5-23(b)可见，此种调速线路L型再外加降压绕组。所以耗铜量也是较大的，不是理想的调速方案，仅供参考。

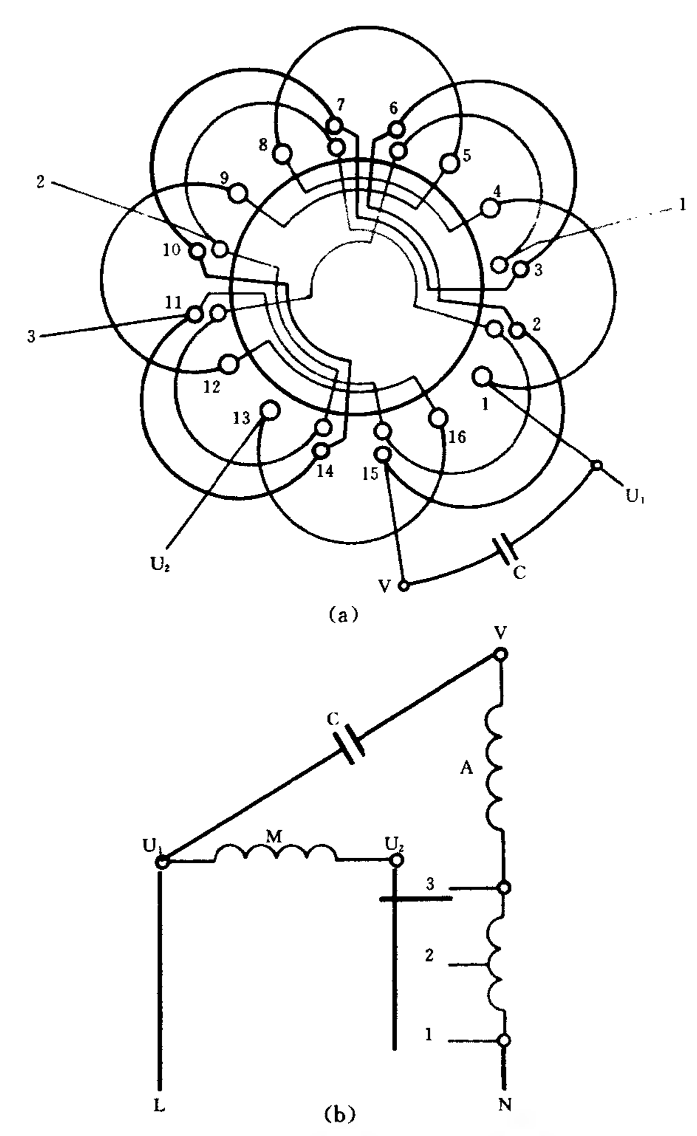
4. 绕组嵌绕工艺要点

将主绕组和调速绕组先后嵌入槽的下层和上层，其线圈之间垫入绝缘，但端部整体仍处同一平面；再将副绕组嵌入相应槽内，形成端部上平面。嵌线顺序见附表5-23。

附表5-23　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4	1	4	12	9	5	8
	上平面														
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	下平面	13	16												
	上平面			11	14	7	10	3	6	15	2				

5-24 三速 16 槽电扇 T—2N 型绕组 4—4/2—4/2 布线



彩图 5-24 三速 16 槽电扇 T—2N 型绕组 4—4/2—4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-24。

3. 绕组结构及布接线特点

本例属 T—2 型副相内抽头调速方案，调速绕组与副绕组同相位，当档位在"1"档时可置调速绕组在 L 形之内。因此，调速不单纯是串入附加调速绕组进行调速，而是在调速变换中，副绕组回路的阻抗也随之改变，从而使调速效果加强，故优于上例的调速方案。绕组的主、调同相，均为显极布线，但调速绕组分对称两组，并在中段抽头，此两绕组同槽线圈的电流方向必须相同。副绕组也是显极布线，并由 4 只单层线圈组成。

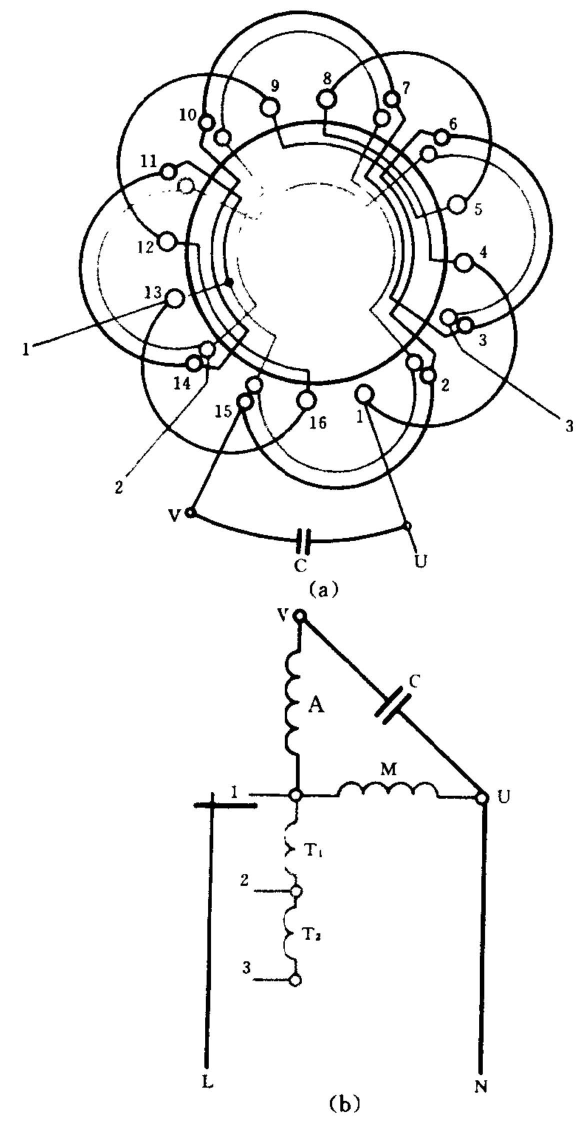
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线，先嵌主绕组于相应槽内构成下平面；再将副绕组嵌入相应槽的下层，衬垫层间绝缘后再嵌入调速绕组线圈。嵌线顺序见附表 5-24。

附表 5-24　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	6	9	12	5	8	1	4						
	上平面									11	14	7	10	3	6
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	上平面	15	2	15	2	7	10	11	14	3	6				

5-25　三速 16 槽电扇 T—2W 型绕组 4—4/2—4/2 布线



彩图 5-25　三速 16 槽电扇 T—2W 型绕组 4—4/2　4/2 布线

(a) 绕组布线接线图 (b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-25。

3. 绕组结构及布接线特点

此绕组是 T　2 型布接线，调速绕组与副绕组同相位，而且在 L 形之外，如彩图 5-25 (b) 所示。调速时主、副绕组的匝比不变，仅在外部增加阻抗使电机电流减少来达到调速目的，其调速效果并不十分理想，而且浪费线材，仅供参考。

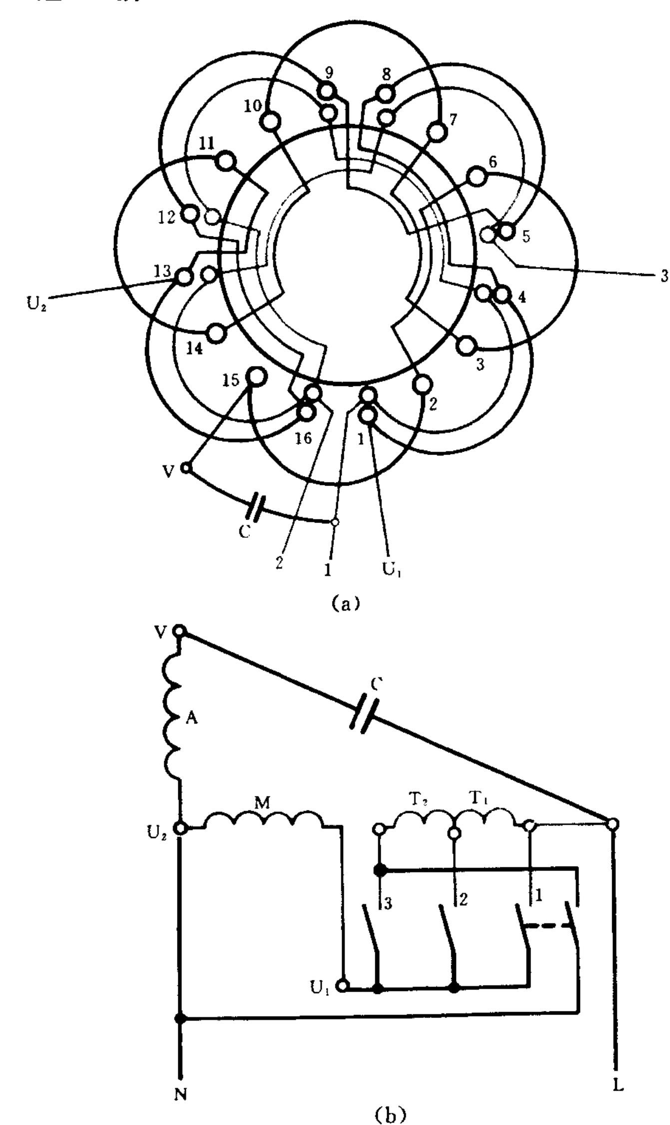
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用整嵌法，先嵌主绕组，再嵌副绕组线圈于相应槽的下层，完成后处理好层间绝缘再将调速绕组线圈嵌入。嵌线顺序见附表 5-25。

附表 5-25　　　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4				
	上平面									11	14	7	10
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	3	6	15	2	11	14	3	6	15	2	7	10

5-26 三速 16 槽电扇Φ—1 型绕组 4/2—4—4/2 布线



彩图 5-26 三速 16 槽电扇Φ—1 型绕组 4/2—4—4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5-26。

3. 绕组结构及布接线特点

Φ 型是串并联接法，因本例调速绕组与主绕组同相位属“1”类安排，故为Φ—1型。此种调速是将调速绕组通过开关转换与主绕组串联或并联，以改变主绕组整个回路的阻抗来获得调速。其接线原理如彩图 5-26(b) 所示。

主绕组由 4 只双层线圈按显极布线；调速绕组与主绕组同槽安排而处于槽的上层，仍是显极分布，但 4 只线圈分作对称的两组，接线是顺接串联，即“尾与头”相接，使同组两线圈极性相同而两组线圈极性相反，同时还要确保低速档时，主、调线圈的电流方向一致。副绕组由 4 只单层线圈显极布线，相邻线圈的极性应相反，即接线是“尾与尾”或“头与头”相接。

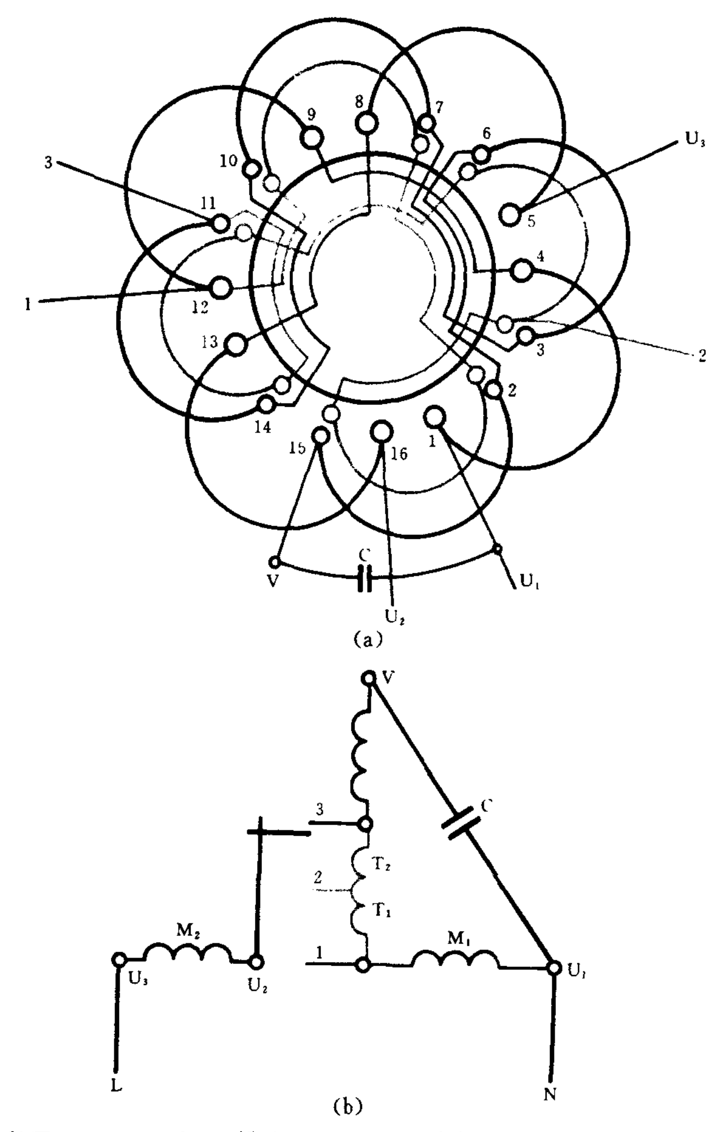
4. 绕组嵌线工艺要点

绕组采用分层嵌线，主绕组嵌于槽下层；调速绕组嵌在槽上层；副绕组再嵌入相应槽内使端部呈于面层。嵌线顺序见附表 5-26。

附表 5-26　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4	1	4	9	12	13	16
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	下平面	5	8												
	上平面			11	14	7	10	3	6	15	2				

5-27 三速 16 槽电扇 T/L—2 型绕组 4—4/2—4/2 布线



彩图 5-27 三速 16 槽电扇 T/L 2 型绕组 4 4/2 4/2 布线

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=16$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	绕组组数	$u=4$
主相圈数	$S_m=4$	副相圈数	$S_a=4$
调速圈数	$S_t=2+2$	绕组极距	$\tau=4$
线圈节距	$Y=3$	绕组系数	$K_{dp,m}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 5 27。

3. 绕组结构及布接线特点

这种绕组并不常见，有称它为 T 3 型绕组。它的调速绕组与副绕组同相位，故应属“2”类安排；主绕组分成两部分，在定子上是对称分布显极布线，同组两线圈是顺接串联成相同极性，但两组极性相反；调速绕组与同槽副绕组的线圈电流方向相同。主绕组中一组 M_1 与副绕组和调速绕组构成 L 2 型线路，而主绕组的 M_2 组则通过开关与调速轴头相接，如彩图 5-27 (b) 所示。这时的接法构成 T 型，因此它是 T 型和 L 型的复合形式，故本书称其为 T/L 2 型抽头调速。

4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组。嵌线顺序见附表 5 27。

附表 5-27 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4				
	上平面									11	14	7	10
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	3	6	15	2	11	14	3	6	15	2	7	10

彩图 6　单相吊扇外转子式电动机绕组布线接线图

吊扇是电扇的一种特殊型式，它是悬吊在房顶的一种大扇叶、慢转速的风扇。吊扇电动机为外转子式结构，但仍属电容运转电动机，而且绕组结构简单，仅应用单链和双链两种型式。为便于看图，特作说明如下：

（1）本节例图红色代表主绕组，绿色代表副绕组。

（2）吊扇电动机绕组采用双层链式时是显极布线，单层链式是庶极布线。

（3）吊扇电动机的主、副绕组占槽相等，且每组只有一只线圈。

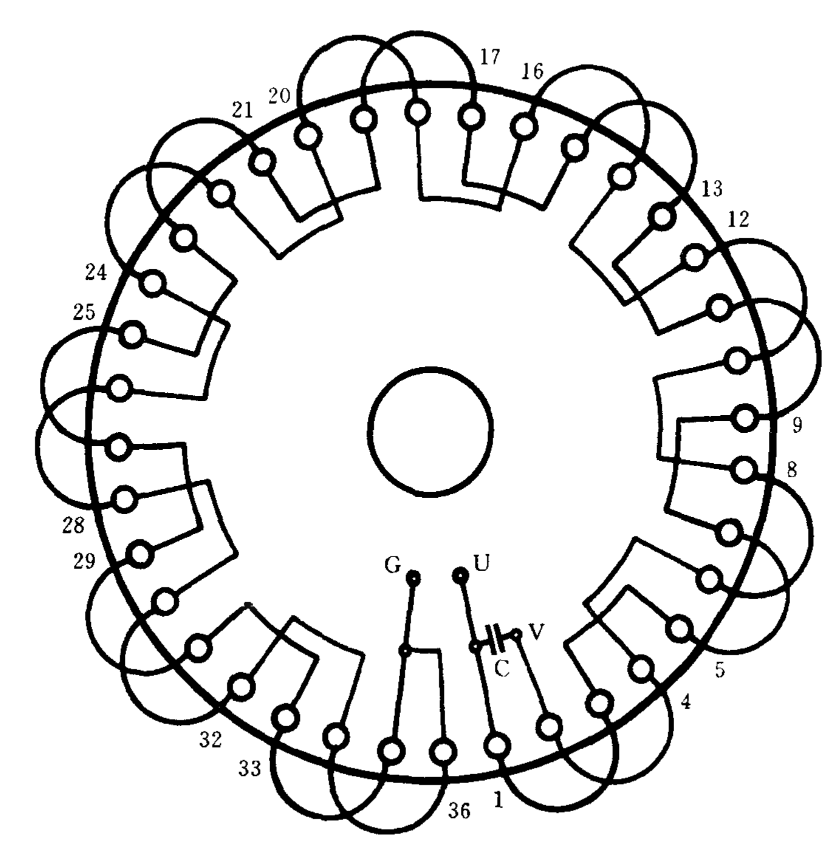
（4）绕组全部线圈等节距，而且等于绕组极距。

（5）吊扇电动机主要采用 18、16、14 三种极数，只有极个别用 12 极电机，本节将 18 极称慢速吊扇，16 极为中速，14 极及以下为高速。

（6）吊扇电动机俯视时的旋转方向是顺时针，故本节彩图绕组的接线均依此转向设计绘制。

（7）吊扇电动机引出线 3 根，即主绕组头端 U、副绕组头端 V 及其尾端内接后的公共端 G。

6-1　36 槽（18 极）慢速吊扇单链绕组



彩图 6-1　36 槽（18 极）慢速吊扇单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=36$　　电机极数　$2p=18$　　总线圈数　$Q=18$

线圈组数　$u=18$　　每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=1$

绕组极距　$\tau=2$　　绕圈节距　$Y=2$　　绕组系数　$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6 1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为单层布线，每相只有 9 只线圈，采用庶极安排，同相相邻线圈极性相同，故应“尾与头”顺接串联。为了减少接线，通常采用连绕工艺，但也可每 3 只线圈连绕。此绕组线圈数少，嵌绕都较方便，是目前常用的绕组型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

连绕线圈在嵌线时要注意极性。嵌线采用前进式，具体操作有两种方法：

(1) 分组整嵌。以主、副绕组各一线圈为一组，先嵌主绕组线圈，后嵌副线圈，逐组嵌入。嵌线顺序见附表 6-1a。

(2) 分层整嵌。嵌线分层进行，先把主绕组线圈全部嵌入相应槽内，再嵌入副绕组线圈，使之形成不连续的双平面结构。嵌线顺序见附表 6-1b。

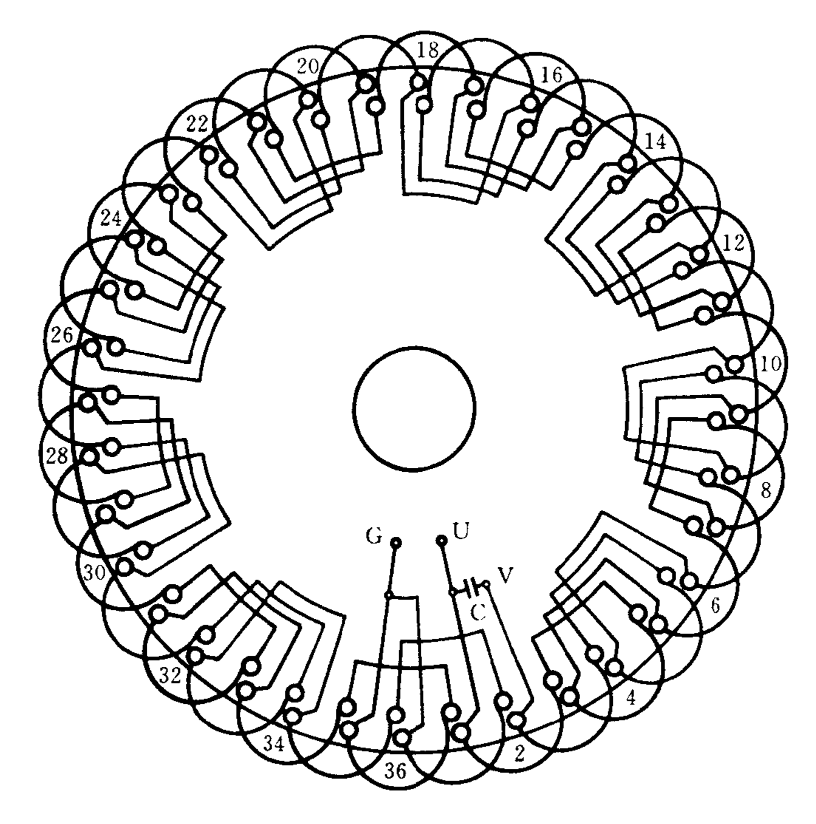
附表 6-1a　　分组整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	1			7	5			11	9			15	13			19	17
	上层			4	2			8	6			12	10			16	14		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层			23	21			27	25			31	29			35	33		
	上层	20	18			24	22			28	26			32	30			36	34

附表 6-1b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	3	1	7	5	11	9	15	13	19	17	23	21	27	25	31	29	35	33
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	4	2	8	6	12	10	16	14	20	18	24	22	28	26	32	30	36	34

6-2 36槽（18极）慢速吊扇双链绕组



彩图 6-2 36槽（18极）慢速吊扇双链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$ 电机极数 $2p=18$ 总线圈数 $Q=36$

线圈组数 $u=36$ 每组圈数 $S=1$ 极相槽数 $q=1$

绕组极距 $\tau=2$ 绕圈节距 $Y=2$ 绕组系数 $K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图6 2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为显极式绕组，采用双层布线，每组只有一只线圈故称双链。主、副绕组分别由18只线圈按同相相邻反极性串联而成。此绕组曾是慢速吊扇采用的绕组型式，但由于线圈多，嵌线接线极费工时，目前为单链绕组所代替。

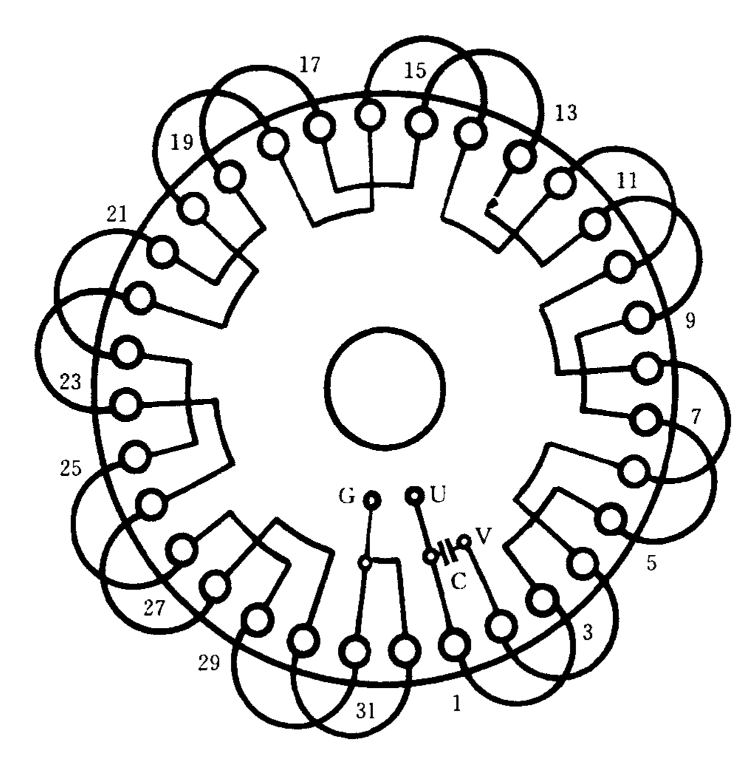
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例为内定子，嵌线时通常是立起操作，故宜采用前进式交叠法嵌线，即嵌入1槽吊起另一有效边往前推进，再嵌1槽再吊起1边再前推，吊边数为2，以后线圈开始整嵌。嵌线时要注意主、副绕组线圈交替嵌入。嵌线顺序见附表6-2。

附表 6-2 交叠法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	4	5		6		7		8		9		10		11		12	
	上层				3		4		5		6		7		8		9		10
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	上层		11		12		13		14		15		16		17		18		19
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	22		23		24		25		26		27		28		29		30	
	上层		20		21		22		23		24		25		26		27		28
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	31		32		33		34		35		36		1		2			
	上层		29		30		31		32		33		34		35		36	1	2

6-3 32槽（16极）中速吊扇单链绕组



彩图 6 3 32槽（16极）中速吊扇单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=32$　电机极数 $2p=16$　总线圈数 $Q=16$

线圈组数 $u=16$　每组圈数 $S=1$　极相槽数 $q=1$

绕组极距 $\tau=2$　绕圈节距 $Y=2$　绕组系数 $K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用单层庶极布线，每相由 8 只线圈顺向串联形成 16 极。由于线圈数量较双层绕组少一半，嵌绕较省工时，是 16 极中速吊扇电动机常用的绕组型式，常用于 1200 mm 及 1400 mm 吊扇电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组可采用分相连绕线圈或每相分两组连绕，并采用整圈嵌线，但有两种方法：

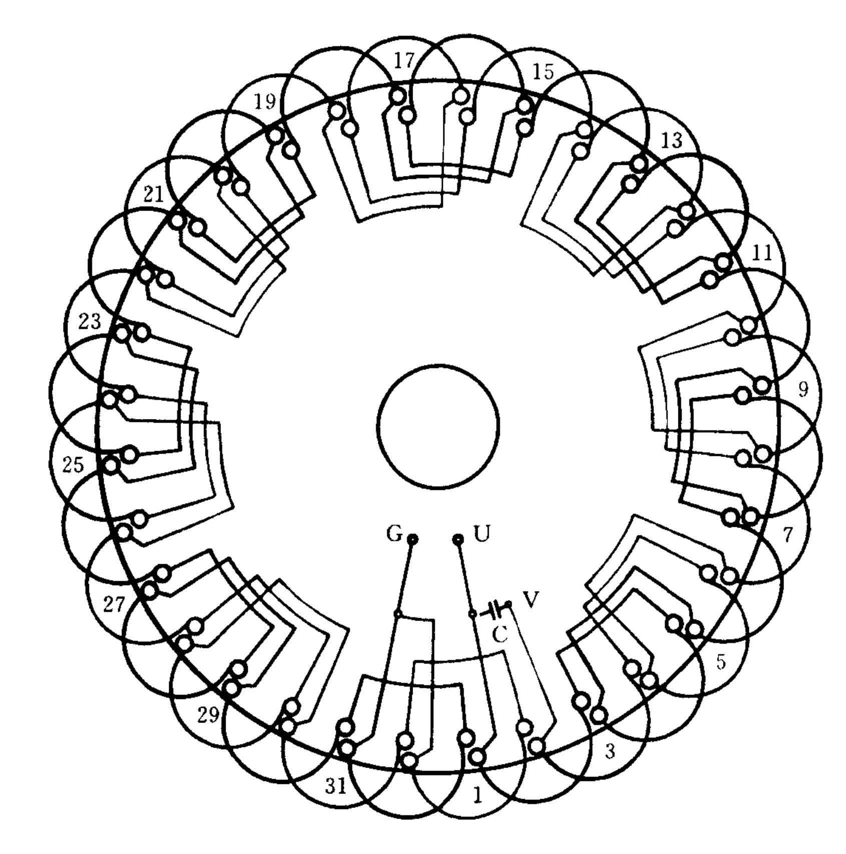
（1）分层整嵌。先嵌主绕组，嵌完后再嵌副绕组于面层，从而构成不连续的双平面结构。嵌线顺序见附表 6 3。

附表 6-3　　分层整嵌法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	3	1	7	5	11	9	15	13	19	17	23	21	27	25	31	29
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	上平面	4	2	8	6	12	10	16	14	20	18	24	22	28	26	32	30

（2）分组整嵌。此方法应用很少，这里不作介绍。

6-4　32 槽（16 极）中速吊扇双链绕组



彩图 6-4　32 槽（16 极）中速吊扇双链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=32$　　电机极数　$2p=16$　　总线圈数　$Q=32$

线圈组数　$u=32$　　每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=1$

绕组极距　$\tau=2$　　绕圈节距　$Y=2$　　绕组系数　$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用双层布线，主、副绕组分别由 16 只线圈组成，线圈节距均为 2 槽，嵌线比较方便。因系显极布线，要求同相相邻线圈（组）的极性相反，故是“尾与尾”或“头与头”相接。此式绕组主要应用于中速吊扇，但目前多用线圈数较少的单层绕组所代替。

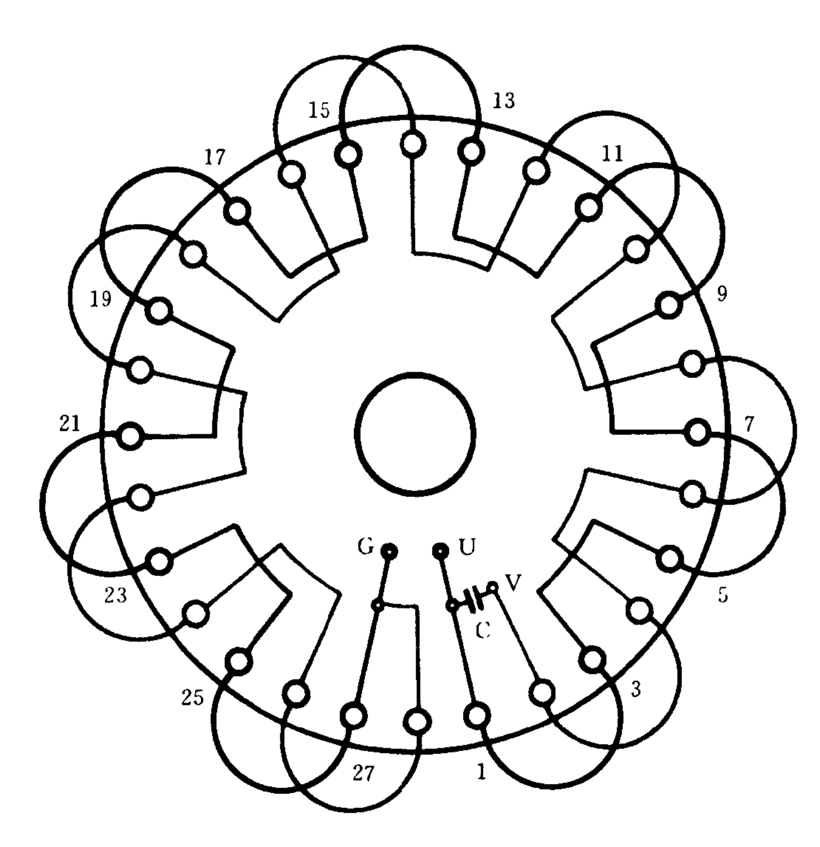
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法前进式嵌线，嵌线时主、副绕组线圈交替嵌入，嵌一槽，定子铁心推前一槽。嵌线顺序见附表 6-4。

附表 6-4　　　　交叠法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	4	5		6		7		8		9		10		11		12	
	上层				3		4		5		6		7		8		9		10
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	上层		11		12		13		14		15		16		17		18		19
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层	22		23		24		25		26		27		28		29		30	
	上层		20		21		22		23		24		25		26		27		28
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层	31		32		1		2											
	上层		29		30		31		32	1	2								

6-5 28 槽（14 极）高速吊扇单链绕组



彩图 6-5 28 槽（14 极）高速吊扇单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=28$ 电机极数 $2p=14$ 总线圈数 $Q=14$

线圈组数 $u=14$ 每组圈数 $S=1$ 极相槽数 $q=1$

绕组极距 $\tau-2$ 绕圈节距 $Y=2$ 绕组系数 $K_{dpm}-1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-5。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组采用庶极布线，同相相邻线圈极性相同，故接线时是同向串联，使 7 只线圈形成 14 极。由于总线圈数较双层绕组少 ·半，使线圈绕制和嵌线均较方便省时，是 900～1050 mm 吊扇常用的绕组型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线时将定子铁心竖起从上面嵌人，具体操作有两种方法。

(1) 分组嵌线。将主、副绕组线圈各 1 只作为一组，逐组嵌线。嵌线顺序见附表 6 5a。

附表 6-5a　　分组整嵌法（前进式）

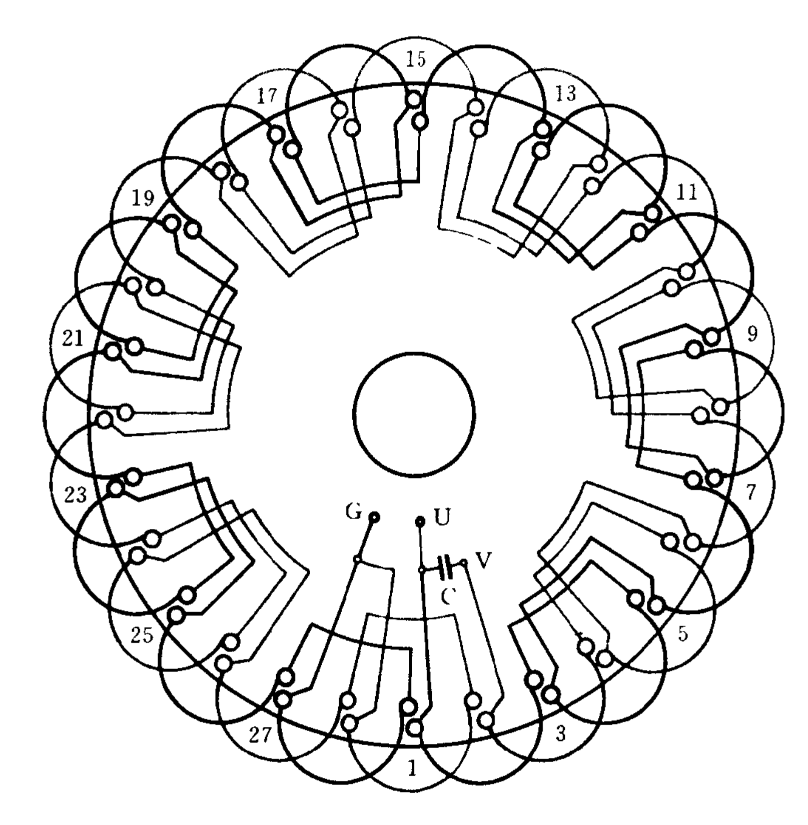
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下层	3	1			7	5			11	9			15	13
	上层			4	2			8	6			12	10		
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下层			19	17			23	21			3	1		
	上层	16	14			20	18			24	22			1	2

(2) 分层整嵌。先嵌主绕组，完成后再嵌副绕组，使主、副绕组端部分置于两个平面上。嵌线顺序见附表 6-5b。

附表 6-5b　　分层整嵌法（前进式）

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号 下平面	3	1	7	5	11	9	15	13	19	17	23	21	27	25
嵌绕次序	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号 上平面	4	2	8	6	12	10	16	14	20	18	24	22	28	26

6-6　28 槽（14 极）高速吊扇双链绕组



彩图 6-6　28 槽（14 极）高速吊扇双链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=28$　　电机极数　$2p=14$　　总线圈数　$Q=28$

线圈组数　$u=28$　　每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=1$

绕组极距　$\tau=2$　　绕圈节距　$Y=2$　　绕组系数　$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组采用双层显极布线，每组仅 1 只线圈，故系双链绕组。线圈绕制可采用连绕、连嵌工艺，也可将每相 14 只线圈分成两段（组）连绕，这样可节省连接线头过多的麻烦，既可提高工效，又能保证连接的质量。此绕组常用于 900 mm 的高速吊扇，但由于线圈数量较单层绕组多 1 倍，故目前已被后者代替。

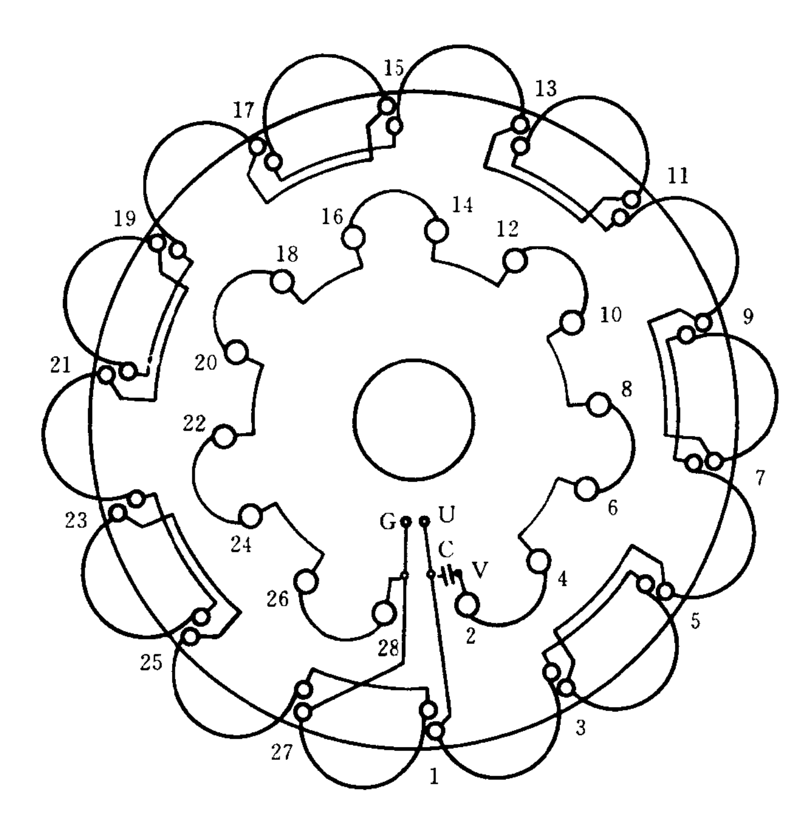
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌线采用交叠法，吊边数为 2。嵌线时将内定子铁心竖起从上面嵌线，嵌 1 槽将铁心往前推转 1 槽，再嵌 1 槽，如此类推，主副线圈交替嵌入。嵌线顺序见附表 6-6。

附表 6-6　　交叠法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	3	4	5		6		7		8		9		10		11		12		13	
	上层				3		4		5		6		7		8		9		10		11
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	14		15		16		17		18		19		20		21		22		23	
	上层		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
槽号	下层	24		25		26		27		28		1		2							
	上层		22		23		24		25		26		27		28	1	2				

6-7　28 槽（14 极）高速吊扇深槽式绕组



彩图 6-7　28 槽（14 极）高速吊扇深槽式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=28$	电机极数	$2p=14$	总线圈数	$Q=21$
线圈组数	$u=21$	主相每组	$S_m=1$	副相每组	$S_a=1$
极相槽数	$q=1$	绕组极距	$\tau=2$	绕圈节距	$Y=2$
绕组系数	$K_{dpm}=1$				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-7。

3. 绕组结构及布接线特点

本例属深槽式结构定子，它的内定子铁心有两层齿槽，每层有 12 槽，外层槽的结构和分布与普通定子槽相同，内层槽则深入到外层槽底附近，并通过狭长的槽口与之相通，两层槽相互间隔排列。外层槽嵌入主绕组，14 只线圈采用双层显极式布线，即相邻线圈是反接串联；副绕组只有 7 只线圈，安排在内层槽，是单层庶极布线，相邻线圈极性相同，即“尾与头”相接。主、副绕组的接线与普通吊扇相同，如彩图 6-7 所示。此型绕组的电动机具有较好的起动和运行性能，但线圈嵌绕极费工时，工效很低。

4. 绕组嵌绕工艺要点

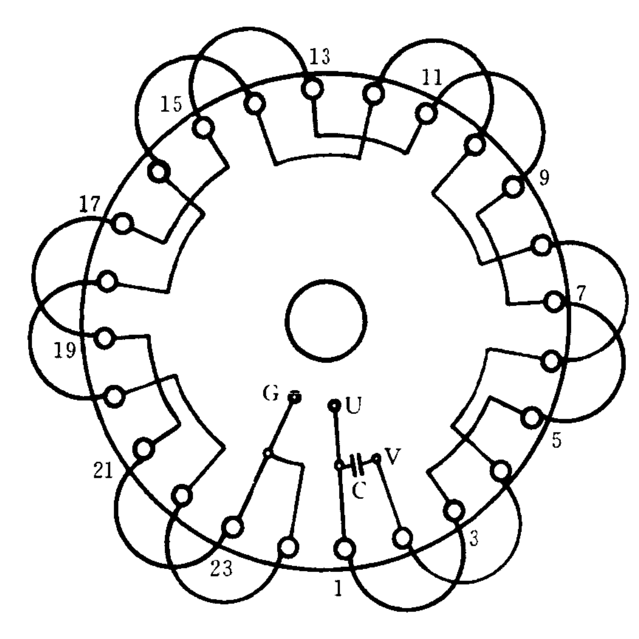
深槽式定子铁心槽口狭长，通常是采用手绕，即垫入槽绝缘后先绕副绕组，逐个线圈绕嵌，绕足线圈匝数后顺向绕另一线圈，直至完成；主绕组嵌线则和往常一样，将绕好的线圈逐个嵌入。但另有的定子槽口稍宽，主、副绕组的线圈和普通电机一样嵌线，但由于副绕组槽口狭长，不能先嵌完一边再嵌另一边，而是将线圈两边捏薄，同时从槽口嵌入。嵌线时先衬入内层槽绝缘及引槽纸，逐个嵌入副绕组线圈，完成后再交叠嵌入主绕组线圈。嵌线顺序见附表 6-7。

附表 6-7　　分层嵌线（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28		
	上层																
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	3	5		7		9		11		13		15		17		19
	上层			3		5		7		9		11		13		15	
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层		21		23		25		27		1						
	上层	17		19		21		23		25		27	1				

注　表中上栏是深槽副绕组线圈的嵌线次序，中、下栏是主绕组线圈交叠法嵌线次序。

6-8　24 槽（12 极）高速吊扇单链绕组



彩图 6-8　24 槽（12 极）高速吊扇单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=12$	总线圈数	$Q=12$
线圈组数	$u=12$	每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=1$
绕组极距	$\tau=2$	绕圈节距	$Y=2$	绕组系数	$K_{dpm}=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 6-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 12 极，采用庶极布线，每相由 6 只单层线圈顺向串联而成。线圈数较同极数的双层绕组少一半，故绕组嵌绕省工省时，是 900 mm 吊扇常用绕组型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

因每相仅 6 只线圈，一般宜用连绕工艺，但为省线模，也可每 3 只线圈连绕。嵌线采用整嵌法，但具体操作有两种方法，其嵌线方法见下面介绍。

（1）分组整嵌。主、副绕组各一线圈为一组，先嵌入主线圈再嵌副线圈，嵌完后再嵌下一组。嵌线顺序见附表 6-8a。

附表 6-8a　分组整嵌法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	3	1			7	5			11	9			15	13		
	上层			1	2			8	6			12	10			16	11
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	19	17			23	21										
	上层			20	18			24	22								

（2）分层整嵌。先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 6-8b。

附表 6-8b　分层整嵌法（前进式）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	3	1	7	5	11	9	15	13	19	17	23	21
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	4	2	8	6	12	10	16	14	20	18	24	22

彩图 7　单相家用洗衣机电动机绕组布线接线图

家用洗衣机主要包括洗涤用和脱水用电动机，采用单机电容运转电动机和分相起动电动机为动力，但目前国产洗衣机仅用定子为 24 槽四极的电容电动机。洗衣脱水用电动机功率一般都较小，仅设计为单转向，主、副绕组参数不同；而洗涤用电动机则要求正反转，故主、副绕组的参数完全相同，以便互为工作和起动绕组。洗衣机用电动机目前已基本采用正弦绕组布线，但旧式机型仍有非正弦的型式。此外，在一些高级机型中则采用特殊型式的双速绕组，本节一并收入供参考，并作说明如下：

（1）本节例图的主绕组为绿色，副绕组为红色，附加公共绕组是黄色。

（2）洗涤用电机主、副绕组有 A、B 类安排，其布线形式相似，但匝数有正弦与非正弦分布，修理时要查清每极线圈匝数。

（3）对非正弦分布绕组，修理时可改绕正弦绕组，其线圈匝数由下式计算，有

$$W_Y = W_P \cdot K_u$$

式中　W_Y —节距为 Y 的线圈匝数；

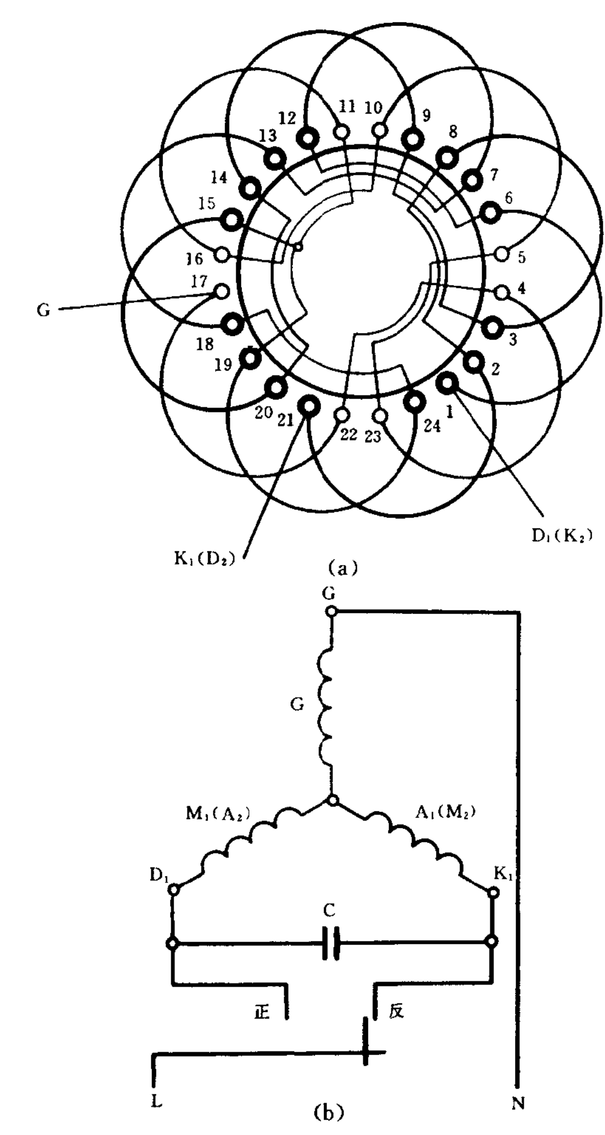
W_P —每极匝数；

K_u —每极匝比，由各例正弦布线方案中查得。

（4）脱水用电机主、副绕组参数不同，修理时要作好原始记录。

（5）本节彩图主绕组用“M”表示，出线“D”；副绕组用“A”表示，出线为“K”；附加公共绕组用“G”表示，出线仍为“G”。

7-1 洗衣机用四极 24 槽异形槽单层绕组



彩图 7-1 洗衣机用四极 24 槽异形槽单层绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) 三绕组电动机正反转控制原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=4$　总线圈数 $Q=12$

线圈组数 $u=12$　主相圈数 $S_m=4$　副相圈数 $S_a=4$

附加圈数 $S_g=4$　绕组极距 $\tau=6$　线圈节距 $Y=5$

绕组系数 $K_{dpm}=0.933$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例见于 120 W 洗衣机用电动机，定子铁心采用方圆形异形槽冲片，如彩图 7-1(a)所示，24 槽中有 8 个截面积较小的槽，(图中槽 4、5、10、11、16、17、22、23)分 4 组对称分布在铁心直边的窄面上，而其余 16 槽为大截面积，也分 4 组，安排在 4 边带圆弧的铁心宽面上。电机绕组分主绕组、副绕组和附加绕组，主、副绕组参数相同，安排在大槽，附加绕组匝数较少，安放在小槽，三种绕组的布线与三相相同，并按 Y 形接线如彩图 7-1(b)所示。这种绕组适用于单相正反转运行，技术性能较好，而且用铜量较低。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此式绕组布线与三相单层链式相同，故可采用两种嵌法，但要注意区分附加绕组线圈。

(1) 交叠法。嵌 1 槽，退空 1 槽再嵌 1 槽，如此类推，吊边数为 2。嵌线顺序参考附表 7-1a。

附表 7-1a　交　叠　法

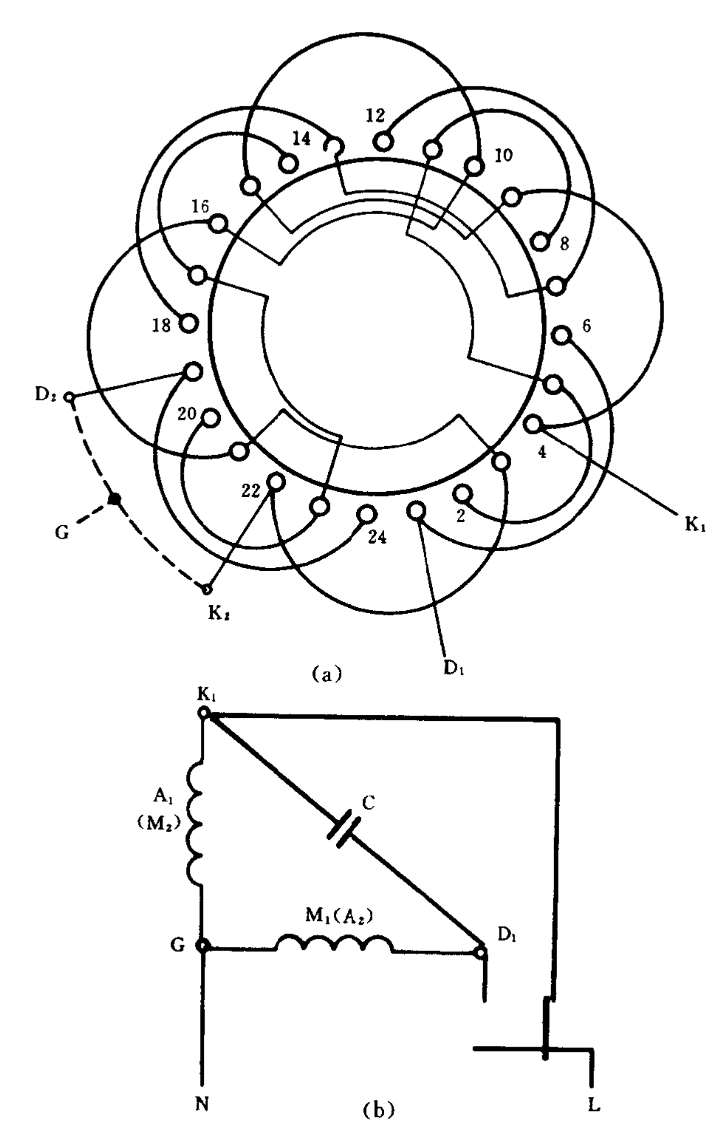
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	沉边	19	17	15		13		11		9		7		5	
	浮边				20		18		16		14		12		10
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	沉边	3		1		23		21							
	浮边		8		6		4		2	24	22				

(2) 整嵌法。采用分层整嵌，无需吊边，但绕组端部将形成三平面结构。嵌线顺序见附表 7-1b。

附表 7-1b　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	19	24	13	18	7	12	1	6				
	中平面									15	20	9	14
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	中平面	3	8	21	2								
	上平面					11	16	5	10	23	4	17	22

7-2 洗衣机用四极 24 槽单层同心交叉式绕组



彩图 7-2 洗衣机用四极 24 槽单层同心交叉式绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) V 型绕组正反转控制原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$ 总线圈数 $Q=12$

绕组组数 $u=8$ 主相每组 $S_m=2$ 副相每组 $S_a=1$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 τ 6 主圈节距 $Y_m=5$、3

副圈节距 $Y_a=5$ 绕组系数 $K_{dpm}=0.837$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 7-2a。

附表 7-2a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组			
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpa}
2B	1 6	57.7	0.856	单链	4 9	100	
	2 5	42.3					

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极布线，同相组间极性相反，即“尾与尾”或“头与头”反向串联。但主、副绕组采用不同的布线型式，主绕组是全距绕组，但同心线圈平均节距则小于极距；副绕组每组仅 1 只线圈，属单链布线型式。由于主、副绕组的线圈节距均小于极距，故绕组用线较省；两绕组的布线层次分明，嵌绕都比较方便。

此绕组用于旧式洗衣机，原绕组单层同心交叉式，如修理时可将其改绕正弦绕组，即副绕组匝数和线径不变；主绕组原为等匝线圈，需改为正弦匝数分布，同心线圈的匝数所占每极匝比见附表 7-2a，每极匝数即原同心线圈组的总匝数，计算公式见本节说明。

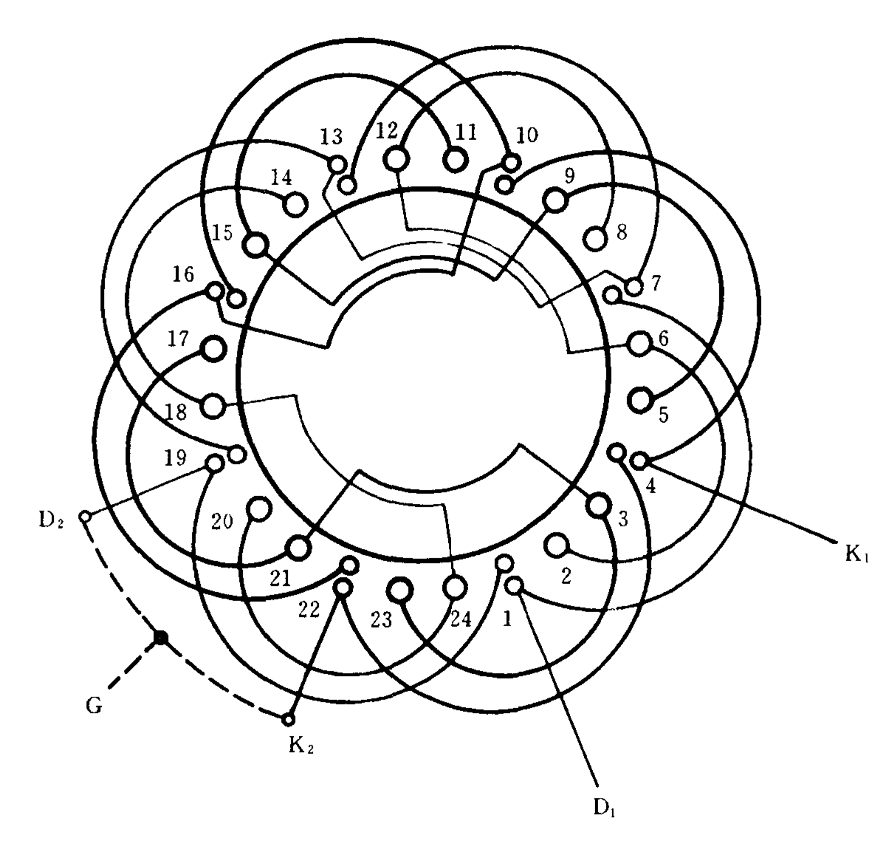
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先把主绕组线圈逐个嵌入相应槽内，完成后衬垫相间绝缘，再把副绕组嵌入相应槽内，使两绕组线圈端部分置于上、下层次的平面上。线圈绕制时可将副绕组连绕，而主绕组分两组连绕，既减少接线的麻烦又可保证质量。嵌线顺序见附表 7-2b。

附表 7-2b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	20	23	19	24	14	17	13	18	8	11	7	12	2	5
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	下平面	1	6												
	上平面			22	3	16	21	10	15	4	9				

7-3 洗衣机用四极 24 槽 A 类布线单双层绕组



彩图 7-3 洗衣机用四极 24 槽 A 类布线单双层绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$ 总线圈数 $Q=16$

线圈组数 $u=8$ 主相每组 $S_m=2$ 副相每组 $S_a=2$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 $\tau=6$ 线圈节距 $Y=6$、4

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 7-3a。

附表 7-3a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)
2A	1 -7	36.6	0.915	2A	4 10	36.6
	2 6	63.4			5 9	63.4

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是 A 类布线，同心线圈组的大线圈为双层线圈，主、副绕组布线型式相同。由于大线圈节距等于极距，正弦绕组系数略高于等匝绕组。修理时如原系正弦绕组应按原始参数重绕，若是等匝绕组，可考虑改绕正弦绕组，线径不变，线圈匝数按附表 7-3a 的每极匝比求取。

4. 绕组嵌绕工艺要点

由于绕组有同相双层线圈，故可采用两种嵌线方法：

(1) 交叠法。双层线圈用交叠嵌线，需吊边数为 1，嵌好后线圈安排如彩图 7-3 所示，但整体仍是分层嵌入。嵌线顺序见附表 7-3b。

附表 7-3b 分层交叠法

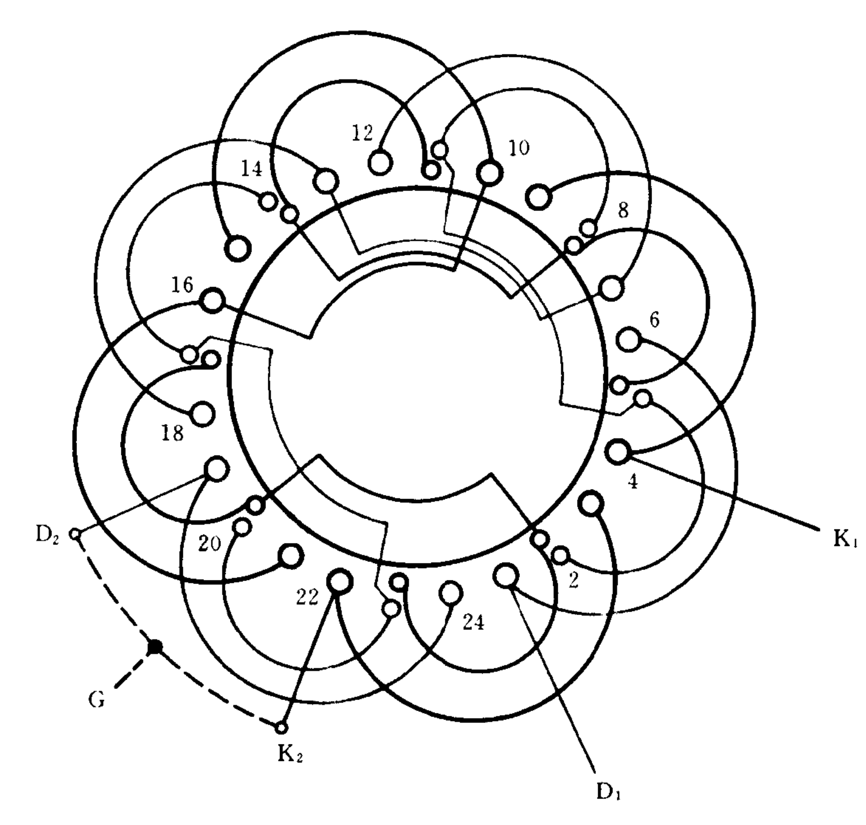
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层面	20	24	19	14	18	13		8	12	7		2	6	1		
	上层面							19				13				7	1
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层面			22			16				10				4		
	上层面	23	3		17	21		22	11	15		16	5	9		10	4

(2) 整嵌法。主、副绕组分层整嵌形成双平面绕组，而同相绕组更宜对称嵌入，无需吊边，实际应用较多。嵌线顺序见附表 7-3c。

附表 7-3c 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	2	6	1	7	14	18	13	19	8	12	7	13	20	24	19	1
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	上平面	5	9	4	10	17	21	16	22	11	15	10	16	23	3	22	4

7-4 洗衣机用四极 24 槽 B 类布线单双层绕组



彩图 7-4 洗衣机用四极 24 槽 B 类布线单双层绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$ 总线圈数 $Q=16$

线圈组数 $u=8$ 主相每组 $S_m=2$ 副相每组 $S_a=2$

极相槽数 $q=3$ 绕组极距 $\tau=6$ 线圈节距 $Y=5$、3

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 7-4a。

附表 7-4a 正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_t (%)
2B	1 6	57.7	0.856	2B	4 9	57.7
	2- 5	42.3			5 8	42.3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-4。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用相同的短节距线圈布线型式，每组由两只同心线圈组成，与上例不同的是大线圈是单层而小线圈为双层；由于大线圈节距小于极距，故属 B 类安排。每相绕组中的线圈组数等于极数，属显极式绕组，故同相相邻线圈组是“尾与尾”或“头与头”相接，使相邻组间极性相反。线圈节距较短，既可节省铜线又便于嵌线，且杂散损耗较小，电动机运行性能较好。

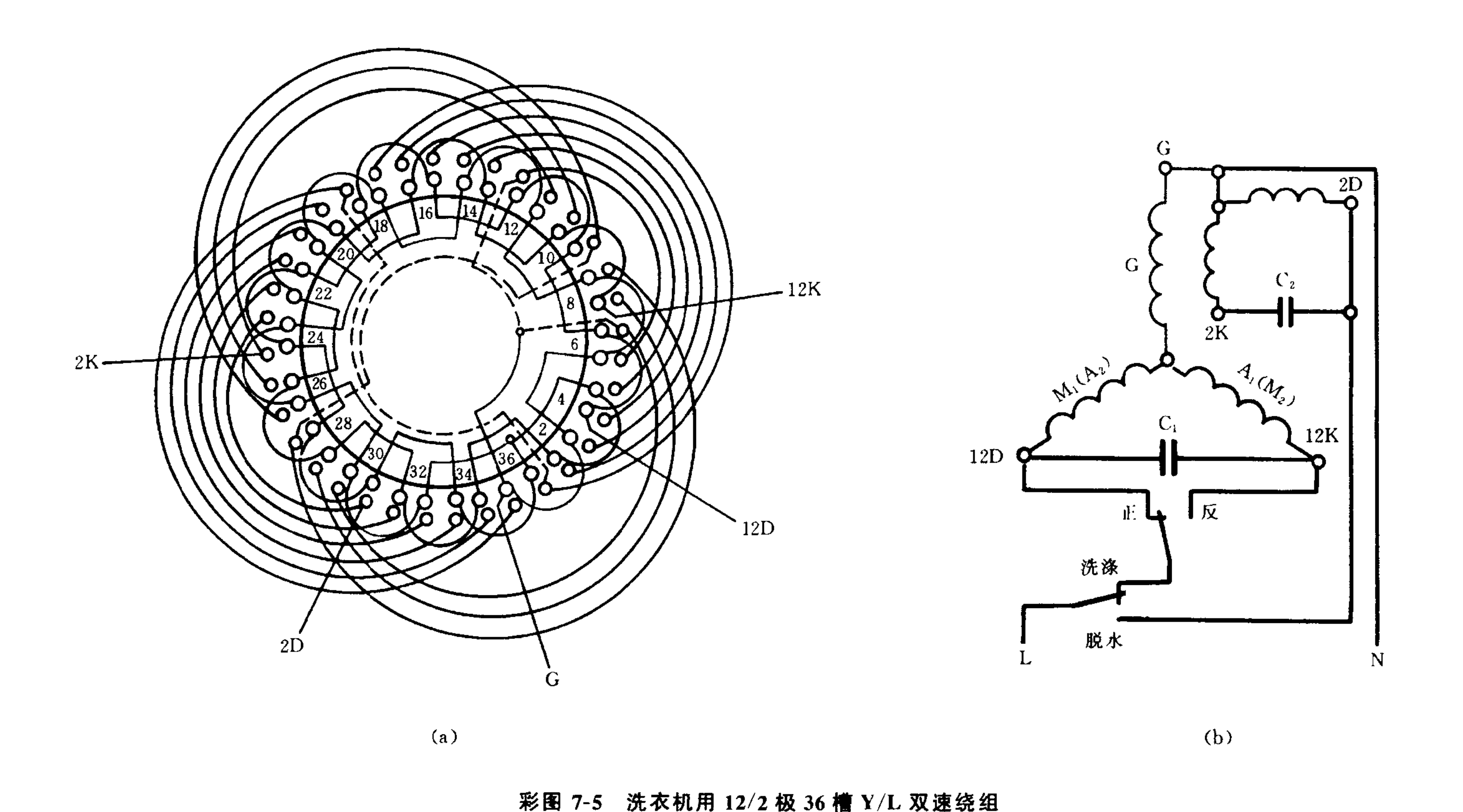
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用分层整嵌，先嵌主绕组入相应槽内，再嵌副绕组于面，构成双平面绕组。嵌线顺序见附表 7-4b。

附表 7-4b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	20	23	19	24	14	17	13	18	8	11	7	12	2	5	1	6		
	上平面																	23	2
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
槽号	上平面	22	3	17	20	16	21	11	14	10	15	5	8	4	9				

7-5 洗衣机用 12/2 极 36 槽 Y/L 双速绕组



彩图 7-5 洗衣机用 12/2 极 36 槽 Y/L 双速绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) Y/L 双绕组双速控制原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　　电机极数 $2p=12/2$　　总线圈数 $Q=36$

线圈组数 $u=22$

12 极绕组参数

12 极圈数 $Q_{12}=18$　　线圈组数 $u_{12}=18$　　每组圈数 $S_{12}=1$

极相槽数 $q_{12}=1$　　绕组极距 $\tau_{12}=3$　　线圈节距 $Y_{12}=3$

2 极绕组参数

2 极圈数 $Q_2=18$　　线圈组数 $u_2=4$　　主相每组 $S_{m2}=6$

副相每组 $S_{a2}=3$　　绕组极距 $\tau_{12}=18$

2 极正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 7-5a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为高级洗衣机双绕组双速电动机，两套绕组独立运行。12 极低速绕组用于洗涤工作，此绕组是 Y 形接线并采用庶极布线，其接线如彩图 7-5 (b) 所示，主绕组和副绕组在正、反转工作时相互转换，而附加公共绕组 G 则串联于电源。12 极绕组布线与三相庶极单层绕组相同，但同相组间是顺接串联，即“尾与头”相接，使全部线圈极性相同，它安排在 36 槽的上层。2 极高速绕组用于脱水甩干，此绕组是 6/3 B 单相正弦绕组，它安排在各槽的下层。主绕组每极由 6 只正弦分布的同心线圈构成，绕组是显极布线，两组极性相反。副绕组每极 3 只正弦分布的同心线圈，也是显极布线，并采用 L 型接线，如彩图 7-5 (b) 所示。

4. 绕组嵌绕工艺要点

2 极采用整嵌法，先将 2 极绕组嵌于槽的底层，具体操作时则最先嵌入主绕组，再嵌副绕组，完成后垫好层间绝缘再用交叠法嵌 12 极绕组于面层。嵌线顺序见附表 7-5b。

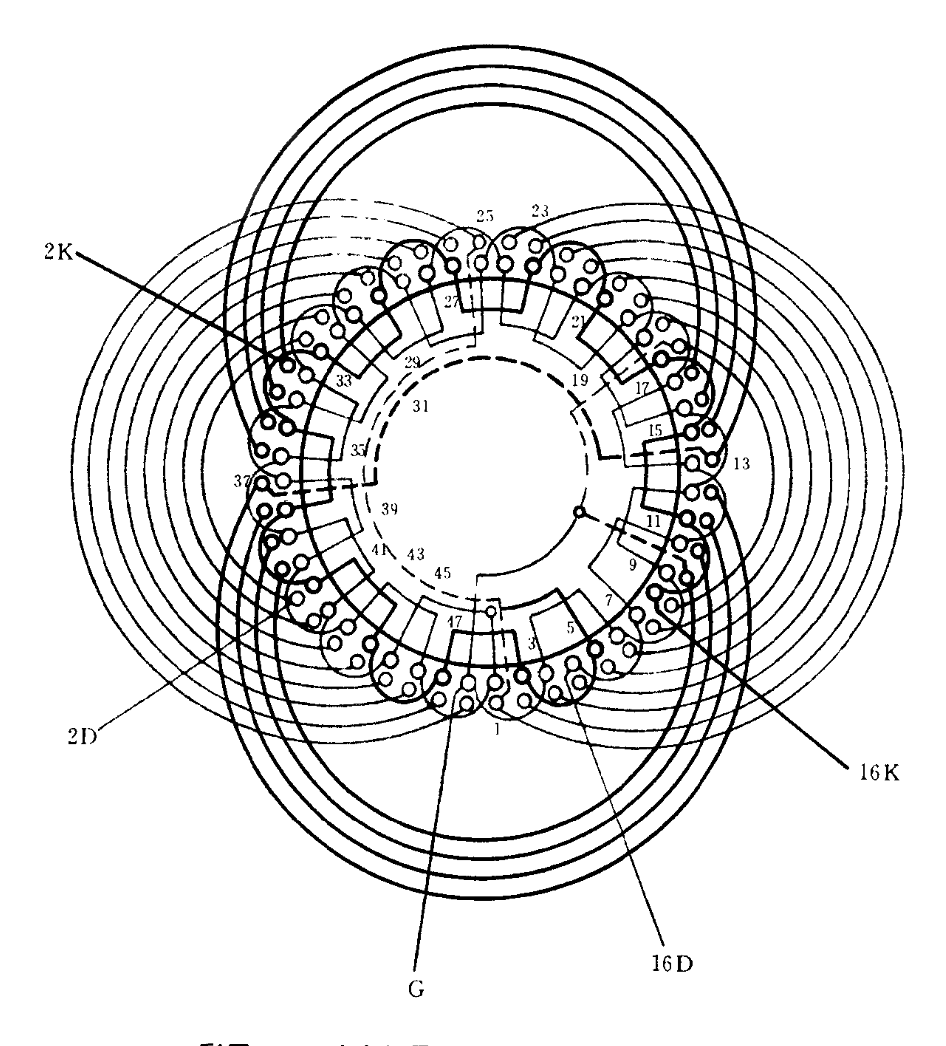
附表 7-5a　　2 极正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	$K_{\rm u}$ (%)	$K_{\rm dpm}$	布线类型	节距	$K_{\rm a}$ (%)
6B	1—18	20.1	0.855	3B	10—27	34.7
	2—17	19.5			11—26	33.7
	3—16	18.2			12—25	31.6
	4—15	16.5				
	5—14	14.2				
	6—13	11.5				

附表 7-5b　　分层法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号 下层	6	13	5	14	4	15	3	16	2	17	1	18	24	31	23	32	22	33
嵌绕次序	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号 下层	21	34	20	35	19	36	30	7	29	8	28	9	12	25	11	26	10	27
嵌绕次序	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号 沉边	34	32		30		28		26		24		22		20		18		16
槽号 浮边			35		33		31		29		27		25		23		21	
嵌绕次序	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号 沉边		14		12		10		8		6		4		2		36		
槽号 浮边	19		17		15		13		11		9		7		5		3	1

7-6 洗衣机用 16/2 极 48 槽 Y/L 双速绕组



彩图 7-6 洗衣机用 16/2 极 48 槽 Y/L 双速绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=48$　　电机极数 $2p=16/2$　　总线圈数 $Q=48$

线圈组数 $u=24$

16 极绕组参数

16 极圈数 $Q_{16}=24$　　线圈组数 $u_{16}=24$　　每组圈数 $S_{16}=1$

极相槽数 $q_{16}=1$　　绕组极距 $\tau_{16}=3$　　线圈节距 $Y_{16}=3$

2 极绕组参数

2 极圈数 $Q_2=24$　　线圈组数 $u_2=4$　　主相每组 $S_{m2}=8$

副相每组 $S_{a2}=4$　　绕组极距 $\tau_2=24$

2 极正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 7-6a。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组用于全自动高级洗衣机单相电容电动机。它由独立的两套单速绕组组成。低速时用于洗涤工作，绕组是庶极链式 Y 形接法，安排在各槽的面层，分主绕组、副绕组和附加公共绕组，各占 8 只线圈，引出线为 16D、16K 和 G，其尾端连结成星点，接线原理可参考彩图 7-5（b）。高速档是 2 极，用于脱水甩干，绕组采用 B 类正弦布线，L 型接法，线圈安排在各槽底层。主绕组每组由 8 只同心线圈组成，副绕组每组 4 只线圈，均是显极式布线，故同相两组线圈极性相反。2 极绕组能有效地削弱 3 次谐波磁势而获得较好的性能。本例绕组的线圈虽多，但大小线圈分层布线互不干扰，故工艺性也较好，但目前仅见于国外产品。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组 2 极线圈占有全部槽的下层，而 16 极线圈占上层，故用分层嵌线，但 2 极绕组整嵌时先嵌主绕组，后嵌副绕组，从而使其端部形成双平面结构；16 极绕组为单层庶极链式，采用交叠法嵌线，吊边数为 1。嵌线顺序见附表 7-6b。

附表 7-6a　　2 极正弦绕组布线方案及每极匝比

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_s（%）	K_{dm}	布线类型	节距	K_s（%）
8B	1—24	15.1	0.851	1B	13—36	26.1
	2　23	14.8			14　35	25.6
	3　22	14.3			15　34	24.8
	4　21	13.5			14　33	23.5
	5　20	12.6				
	6　19	11.3				
	7　18	10.0				
	8　17	8.4				

附表 7-6b　　分层法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	8	17	7	18	6	19	5	20	4	21	3	22	2	23	1	24
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	32	41	31	42	30	43	29	44	28	45	27	46	26	47	25	48
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	上平面	16	33	15	34	14	35	13	36	40	9	39	10	38	11	37	12
嵌绕次序		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
槽号	沉边	46	44		42		40		38		36		34		32		30
	浮边			47		45		43		41		39		37		35	
嵌绕次序		65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
槽号	沉边		28		26		24		22		20		18		16		14
	浮边	33		31		29		27		25		23		21		19	
嵌绕次序		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	沉边		12		10		8		6		4		2		48		
	浮边	17		15		13		11		9		7		5		3	1

彩图 8　家用空调器单相电动机绕组布线接线图

家用空调器有主、辅两台单相电动机，主机功率较大，是制冷系统压缩机组的动力，它是内阻抗分相的起动型电动机，绕组采用正弦布线，通常与电冰箱电动机通用；辅机功率较小，是循环系统轴流扇风用单相抽头调速的电容运转电动机，其绕组型式与电风扇相同，但绕组结构较复杂。本节例图主要收入此种绕组。

(1) 本节图例用彩色绘制，其中红色为主绕组，绿色为副绕组，黄色是调速绕组。

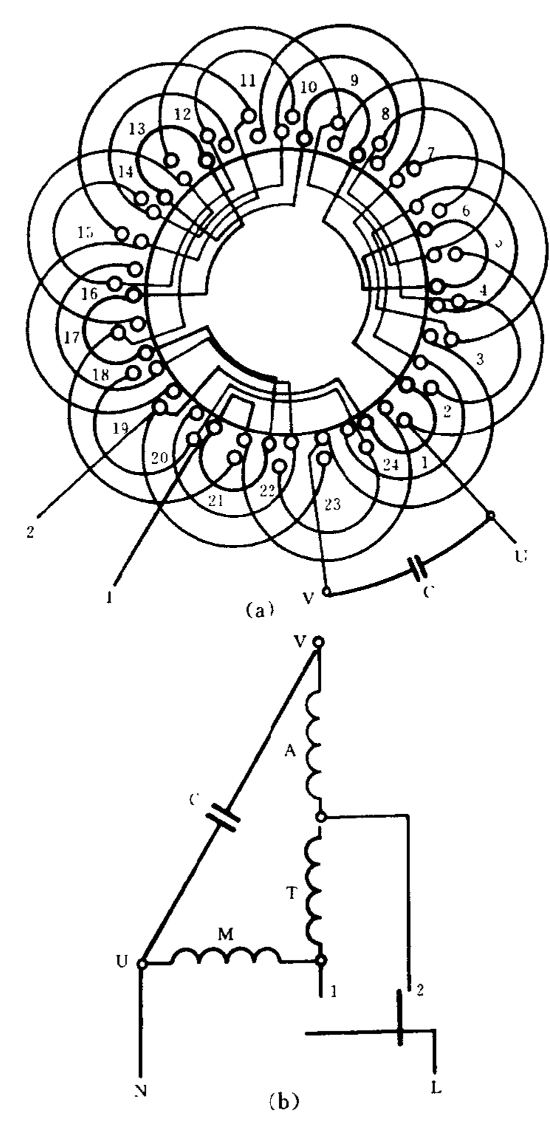
(2)图例绕组参数中的绕组组数是指主绕组、副绕组以及调速绕组及其分组组数。

(3)（主相）组数系指该相所含线圈组的组数；（主组）每组则是每线圈组所含线圈只数。

(4)空调器电动机绕组采用的是经运行试验并调整后的正弦绕组，有的参数经多次改进与正弦规律计算值有较大差异，故修理时应以原始数据为准，只有无据可查时才参照资料或重新按正弦布线方案计算的数据重绕。

(5) 本节彩图主绕组用“M”表示，引出线为 U；副绕组用“A”表示，引出线为 V；调速绕组用“T”(T_1、T_2) 表示，引出线 1、2、3 分别为高、中、低转速档。

8-1　六极 24 槽空调器 L—2 型双速风扇



彩图 8-1　六极 24 槽空调器 L　2 型双速风扇

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　电机极数　$2p=6$　总线圈数　$Q=30$
绕组组数　$u=3$　主相每组　$S_m=2$　主相组数　$u_m=6$
副相每组　$S_a=2$　副相组数　$u_a=6$　调速每组　$S_t=1$
调速组数　$u_t=6$　绕组极距　$\tau=4$

正弦绕组布线方案见附表 8-1a。

附表 8-1a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组			调速绕组		
布线类型	节距	K_a (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_p (%)	布线类型	节距	K (%)
2A	1　5	41.4	0.828	2A	3　7	41.4	单链	1　6	100
	2　4	58.6			4　6	58.6			

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 8-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例取自重绕修理实例，它是一台国产空调器二档调速风扇单相电容电动机，主、副绕组采用相同的 A 类正弦布线方案。绕组均是显极布线，主、副绕组各由 6 个线圈组按反接串联而成，两绕组互距 90°电角分布，主绕组线圈安排在槽的下层，副绕组在槽上层，但其大节距线圈均为同槽同相线圈，故即使采用分层嵌线，也不能形成层次分明的绕组端部。调速绕组与副绕组同相，每组仅为 1 只线圈，也是采用相邻反极性的原则接线。主、副、调三绕组的接线原理见彩图 8-1（b）。

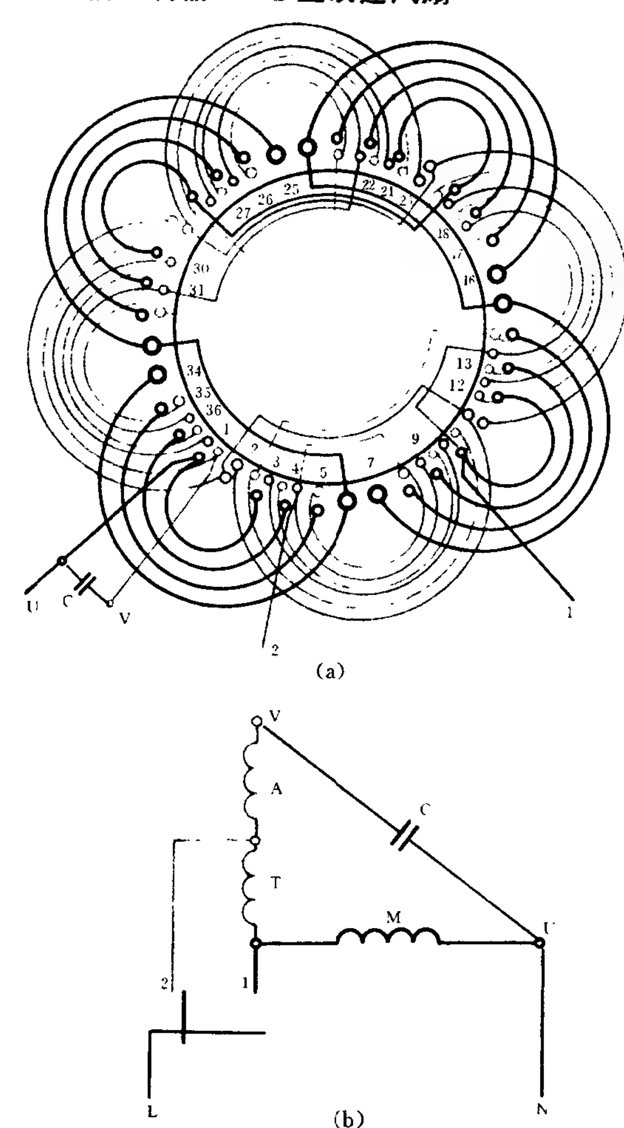
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组属 A 类安排，对大节距的双层线圈采用隔组对称嵌入的整圈嵌线。具体操作则系分层嵌线，先嵌主绕组，完成后衬垫层间绝缘再嵌副绕组，最后才嵌调速绕组，从而构成不十分整齐的三平面绕组。嵌线顺序见附表 8-1b。

附表 8-1b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	2	4	1	5	18	20	17	21	10	12	9	13	6	8			22	21		
	上层															5	9			21	1
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	10
槽号	下层	14	16					3	7			19	23			11	15				
	中层					4	6			20	22			12	14			8	10		
	上层			13	17															7	11
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	中层	24	2			16	18														
	上层			23	3			15	19	12	14	8	10	4	6	24	2	20	22	16	18

8-2 四极 36 槽空调器 L—2 型双速风扇



(a)

(b)

彩图 8-2 四极 36 槽空调器 L 2 型双速风扇

(a) 绕组布线接线图；(b) 双速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　电机极数 $2p=4$　总线圈数 $Q=40$

绕组组数 $u=3$　主相每组 $S_m=4$　主相组数 $u_m=4$

副相每组 $S_a=3$　副相组数 $u_a=4$　调速每组 $S_t=3$

调速组数 $u_t=4$　绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案见附表 8-2a。

附表 8-2a　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组			调速绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)	布线类型	节距	K_u (%)
1B	1 9	34.6	0.793	(A)			3A	5 14	22.7
	2 8	30.6			6 13	42.6		6 13	42.6
	3 7	22.7			7 12	34.7		7 12	34.7
	4 6	12.1			8 11	22.7			

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 8 2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例调速绕组与副绕组同相位，是 L 2 型抽头调速，绕组接线见彩图 8-2（b）所示。主绕组是 B 类正弦，每极 4 圈，最大节距线圈为单层；副绕组则采用 A 类安排，但缺最大节距线圈，每组由 3 只线圈组成；调速绕组也是每极 3 圈，也用 A 类正弦布线，故与副绕组同槽并列分布，但其最大节距线圈同槽上下层。此绕组具有较好的运行性能，但线圈数多，嵌绕极费工时。

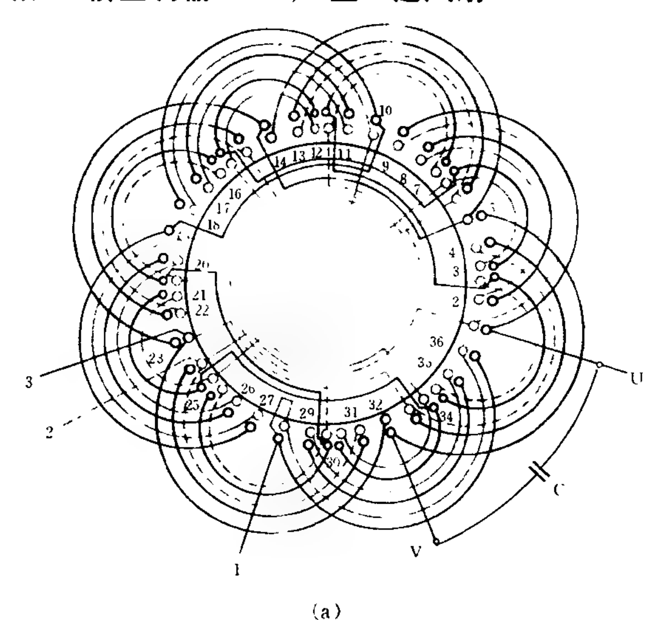
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，但因调速绕组有同槽双层线圈，故整嵌时宜对称组嵌入。嵌线顺序见附表 8 2b。

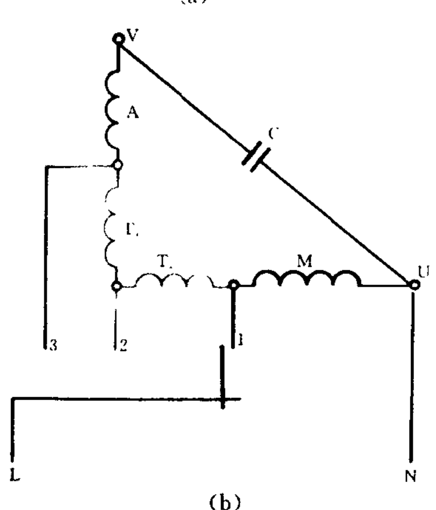
附表 8-2b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	1	3	36	4	35	5	34	6	28	30	27	31	26	32	25	33	19	21	18	22
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下平面	17	23	16	24	10	12	9	13	8	14	7	15								
	中平面													32	35	31	36	30	1	23	26
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
槽号	中平面	22	27	21	28	14	17	13	18	12	19	5	8	4	9	3	10				
	上平面																	13	18	12	19
嵌绕次序		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
槽号	上平面	11	20	31	36	30	1	29	2	22	27	21	28	20	29	4	9	3	10	2	11

8-3 四极 36 槽空调器 L—1/2 型三速风扇



(a)



(b)

彩图 8-3 四极 36 槽空调器 L—1/2 型三速风扇

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　电机极数 $2p=4$　总线圈数 $Q=44$

绕组组数 $u=4$　主相每组 $S_m=3$　主相组数 $u_m=4$

副相每组 $S_a=3$　副相组数 $u_a=4$　调速每组 $S_t=2+3$

调速组数 $u_t=4+4$　绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案见附表 8-3a。

附表 8-3a　　正弦绕组布线方案

主绕组				调速绕组Ⅱ			副绕组			调速绕组Ⅰ		
布线类型	节距	K_q (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_q (%)	布线类型	节距	K_q (%)	布线类型	节距	K_t (%)
3B	1—9	39.5	0.856	3B	1—9	39.5	3A	5—14	22.7	(A)		
	2—8	34.8			2—8	34.8		6—13	42.6		6—13	0.55
	3—7	25.7			3—7	25.7		7—12	34.7		7—12	0.45

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 8-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组是国产空调器热交换风扇的单相电容电动机。绕组是 L 型抽头调速绕组，但其布接线较特殊，它的调速绕组分两部分，一部分与主绕组同相安排，每组 3 圈，图中用黄色实线绘制；另一部分每组 2 圈则与副绕组同相，图中为黄色虚线条，故本书将其定为 L—1/2 型。调速接线原理见彩图 8-3（b）所示。

此绕组的电气性能良好，调速切换档位不会影响气隙磁场的对称性，运行稳静，噪声低；但线圈数多，层次也多，接线也复杂，故制造工效较低。

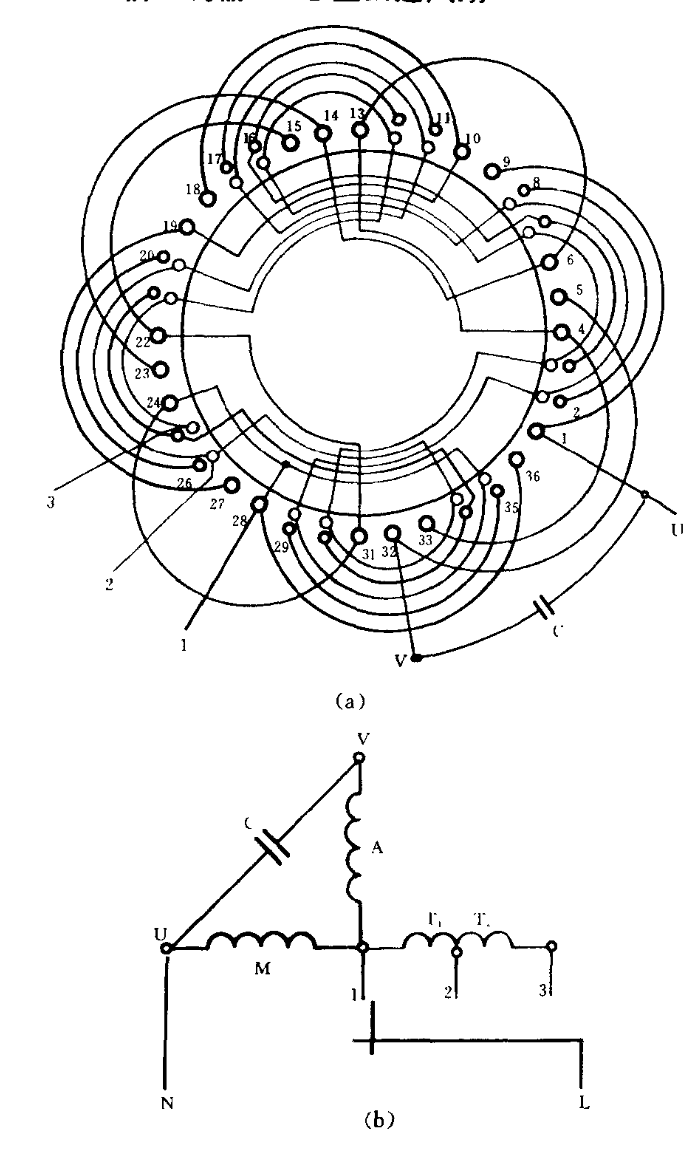
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组，完成后嵌入调速绕组Ⅱ，再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组Ⅰ。因副绕组是 A 类安排，整嵌时宜将每一组对称嵌入。嵌线顺序见附表 8-3b。

附表 8-3b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	30	34	29	35	28	36	21	25	20	26	19	27	12	16	11	17	10	18
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	3	7	2	8	1	9												
	中下平面							30	34	29	35	28	36	21	25	20	26	19	27
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	中下平面	12	16	11	17	10	18	3	7	2	8	1	9						
	中上平面													31	3	33	4	32	5
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	中上平面	16	21	15	22	14	23	12	7	13	6	14	5	25	30	24	31	23	32
	上平面																		
嵌绕次序		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88		
槽号	上平面	25	30	24	31	16	21	15	22	7	12	6	13	34	3	33	4		

8-4 四极 36 槽空调器 T—1 型三速风扇



彩图 8-4 四极 36 槽空调器 T 1 型三速风扇

(a) 绕组布线接线图；(b) 三速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　　电机极数 $2p=4$　　总线圈数 $Q=26$

绕组组数 $u=4$　　主相每组 $S_m=3$　　主相组数 $u_m=4$

副相每组 $S_a=1\frac{1}{2}$　　副相组数 $u_a=4$　　调速每组 $S_t=4$

调速组数 $u_t=2$　　绕组极距 $\tau=9$

正弦绕组布线方案见附表 8-4a。

附表 8-4a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组			调速绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)	布线类型	节距	K_u (%)
3B	1　9	39.5	0.856	等匝同心交叉	6　13	33.3	同心式		
	2　8	34.8			23　14	33.4		2　8	52.5
	3　7	25.7			22　15	33.3		3　7	47.5

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 8-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组也是根据电机重绕实测绘制而来，绕组属 T 1 型，即调速绕组与主绕组同相位布线，三速抽头接线原理见彩图 8-4 (b) 所示。此电机三绕组中，只有主绕组按 B 类正弦布线，每组 3 圈，一相 4 组线圈是显极分布，即相邻组间极性相反；副绕组每极占 3 槽，单层布线时只能安排单双圈交叉，但仍属显极式布线，但线圈为等匝圈；调速绕组与主绕组同相位，共有 8 只线圈分两组，一组由各极下的 4 只节距 2　8 线圈串联而成，另一组是 4 只节距 3　7 线圈串联而成，这种布线能使电机平稳换档，但接线较繁。

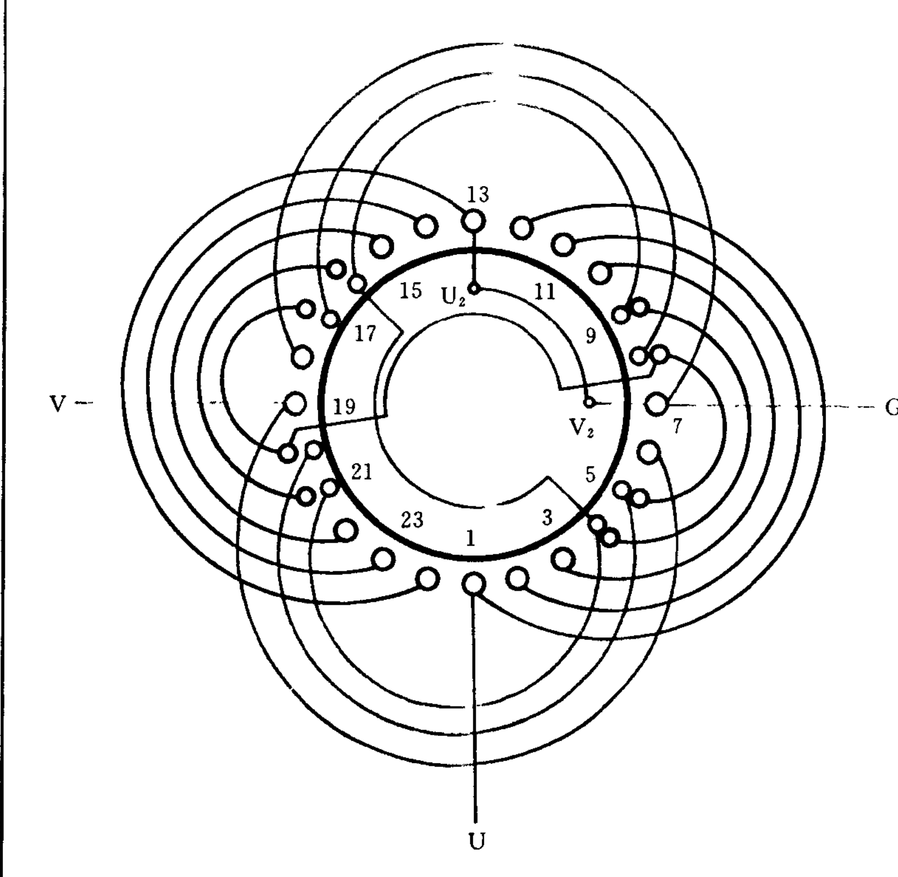
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，由于没有同相双层线圈，整圈嵌线时可形成较有层次的端部平面。嵌线时先嵌主绕组，再嵌调速绕组，最后才嵌入副绕组。调速线圈则跟以往不同，即同一极下 2 只线圈不同组，故最好采用 4 只连绕，分两组嵌入。嵌线顺序见附表 8-4b。

附表 8-4b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	30	34	29	35	28	36	21	25	20	26	19	27	12	16	11	17	10	18
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	3	7	2	8	1	9												
	上层							20	26	11	17	2	8	29	35	21	25	12	16
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	上层	3	7	30	34	24	31	15	22	14	23	6	13	33	4	32	5		

8-5 二极 24 槽空调器 5/3—B 型正弦绕组



彩图 8-5 二极 24 槽空调器 5/3 -B 型正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=2$　总线圈数 $Q=16$

绕组组数 $u=4$　主相每组 $S_m=5$　主相组数 $u_m=2$

副相每组 $S_a=3$　副相组数 $u_a=2$　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 8-5a。

附表 8-5a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
5B	1　12	26.8	0.806	3B	7—18	36.6
	2　11	25.0			8　17	34.1
	3·10	21.4			9--16	29.3
	4　9	16.5				
	5—8	10.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 8-5。

3. 绕组结构及布接线特点

此例是空调机压缩机组的电动机绕组。主、副绕组均系 B 类布线，主绕组每组 5 圈，两组反极性串联；副绕组每组 3 圈，也是显极布线，电机引出线 3 根，尾端在内部连结并引出公共线 G。由于副绕组缺圈较多，存在较强的 3、5、7 次谐波影响，故此绕组适用于起动型的电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组无同相双层线圈，采用分层整嵌可形成双平面绕组。嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组，嵌线顺序见附表 8-5b。

附表 8-5b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	14	23	13	24												
	上平面					9	16	8	17	7	18	21	4	20	5	19	6

彩图 9 家用电冰箱压缩机用单相电动机绕组布线接线图

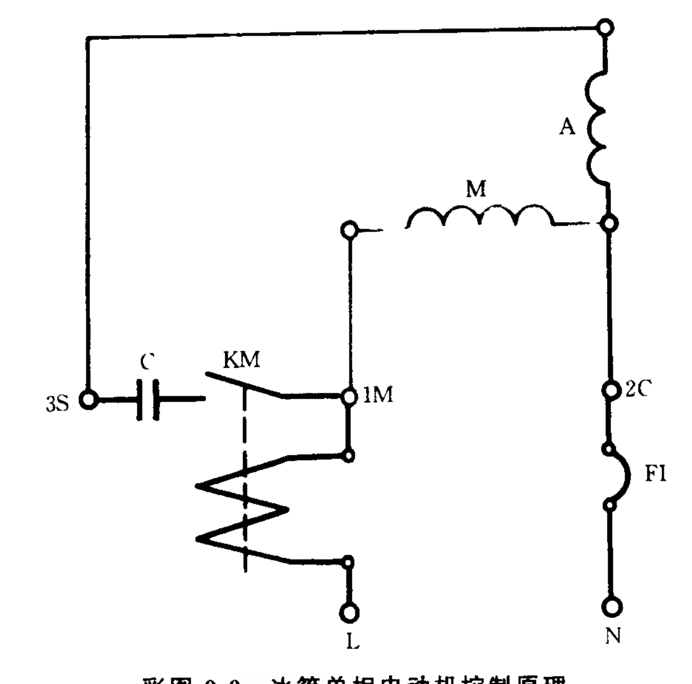
家用电冰箱压缩机电动机是起动型单相电动机，采用正弦绕组布线，因无需调速，绕组结构比较简单，与系列电动机基本相同。压缩机组电动机主要采用 24 槽 2 极和 32 槽 4 极两种规格，一般常与空调压缩机电动机通用。本节收集冰箱电机绕组 12 例，用端面模拟画法绘制成彩色布接线图，供读者参考，并作说明如下：

（1）本节图例用彩色绘制，主绕组用绿色线条，副绕组用红色线条。

（2）主绕组用“M”表示，脚注为“m”，引出线“1M”；副绕组用“A”表示，脚注为“a”，引出线“3S”。主、副绕组相尾在机内连接成公共点，并引出线“2C”。

（3）电冰箱压缩机用电动机属起动型单相电动机，主要是（阻抗）分相起动电动机，但亦有个别采用电容器作分相元件，控制原理如彩图 9-0 所示。此图用电容起动电动机为例绘制，如系分相电动机则无此电容器 C，只用起动开关 KM 将副绕组接入或切断起动回路。

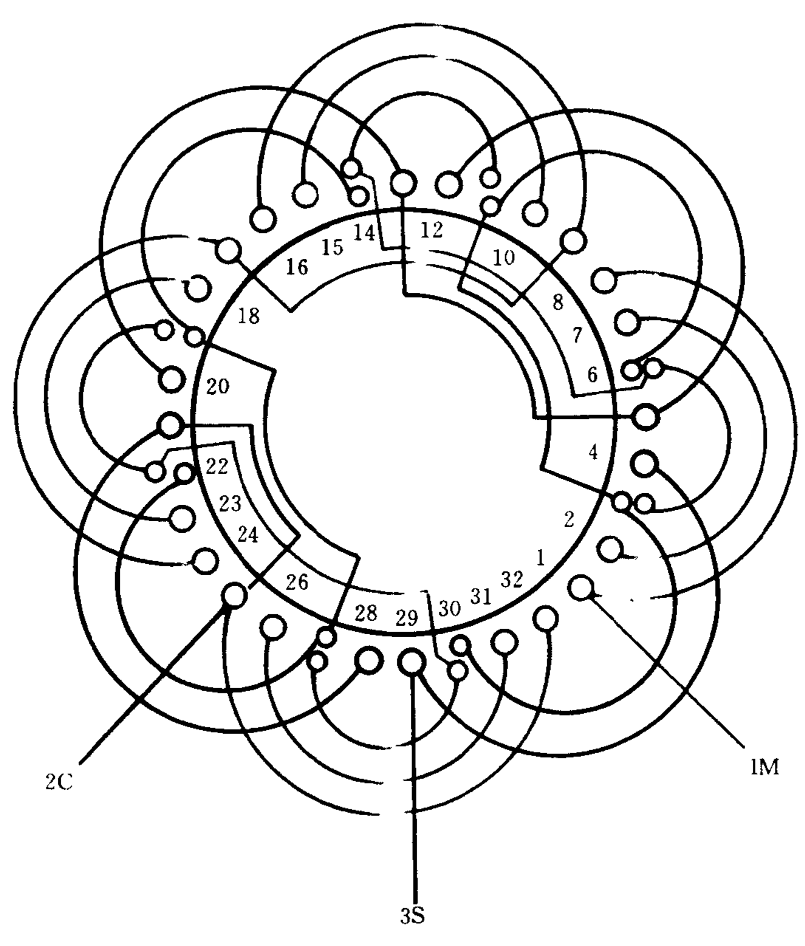
（4）本节各例图的绕组布线方案是按正弦规律分布线圈匝数，但电机绕组多采用改进方案，实际每极匝比与设计值有较大出入，修理时仍应按原始数据重绕，只有无据可查时才考虑按表中提供的正弦布线方案进行。



彩图 9-0 冰箱单相电动机控制原理

FI—过载器；KM—起动开关；C—起动电容器；M—主绕组；A—副绕组

9-1　冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/2－B 布线



彩图 9-1　冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/2　B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=32$　　电机极数　$2p=4$　　总线圈数　$Q=20$

线圈组数　$u=8$　　主相组数　$u_m=4$　　副相组数　$u_a=4$

主相每组　$S_m=3$　　副相每组　$S_a=2$　　极相槽数　$q=4$

绕组极距　$\tau=8$

正弦绕组布线方案见附表 9-1a。

附表 9-1a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
3B	1　8	41.1	0.827	2B	5　12	54.2
	2　7	35.1			6　11	45.8
	3　9	23.8				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均采用缺圈 B 类正弦布线方案，主绕组缺 1 圈，每组由 3 只线圈组成，相邻组间接线是反接串联，即“尾与尾”或“头与头”相接；副绕组缺 2 圈，即每组是 2 圈，也是显极布线，相邻组的极性应相反。绕组中单层线圈占多数，嵌线较方便，但缺圈较多，铁心利用率较低，且不能完全消除高次谐波干扰，尤其在副绕组中存在较强的 3 次谐波分量，故本方案不宜用于运行型电动机。

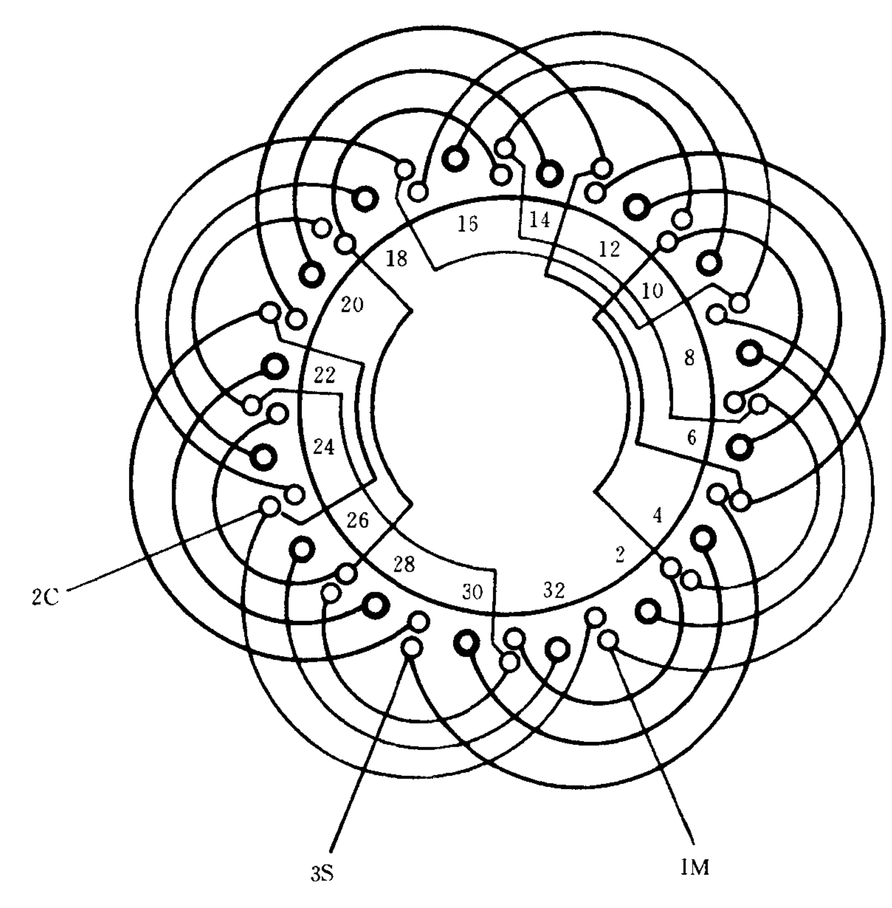
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组属 B 类，没有同相双层线圈，故采用整嵌法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，使两绕组线圈端部形成双平面结构。嵌线顺序见附表 9-1b。

附表 9-1b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	27	30	26	31	25	32	19	22	18	23	17	24	11	14
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	10	15	9	16	3	6	2	7	1	8				
	上平面											22	27	21	28
嵌绕次序		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
槽号	上平面	14	19	13	20	6	11	5	12	30	3	29	4		

9-2 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/3—A 布线



彩图 9-2 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/3 A 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=32$	电机极数	$2p=4$	总线圈数	$Q=24$
线圈组数	$u=8$	主相组数	$u_m=4$	副相组数	$u_a=4$
主相每组	$S_m=3$	副相每组	$S_a=3$	极相槽数	$q=4$
绕组极距	$\tau=8$				

正弦绕组布线方案见附表 9-2a。

2. 绕组布线接线图

附表 9-2a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
3A	1　9	23.5	0.87	3A	5　13	23.5
	2　8	43.4			6　12	43.4
	3—7	33.1			7—11	33.1

绕组布线接线图见彩图 9-2。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均系缺 1 圈的 A 类正弦布线，每组 3 只线圈，绕组为显极式，同相相邻线圈组极性必须相反，接线是"尾接尾"或"头接头"。此绕组仍存在一定的高次谐波干扰，而绕组系数略高于 B 类安排，但两绕组的最大节距线圈是同相双层布线，嵌线难于 B 类。此方案应用较少。

4. 绕组嵌绕工艺要点

(1) 分层交叠法。因主、副绕组的最大节距线圈均是同相双层布线，如彩图 9 2 所示使其交叠布线则较为美观，但嵌线时需吊起 1 边，属正规嵌法。嵌线顺序见附表 9-2b。

附表 9-2b　　分层交叠法

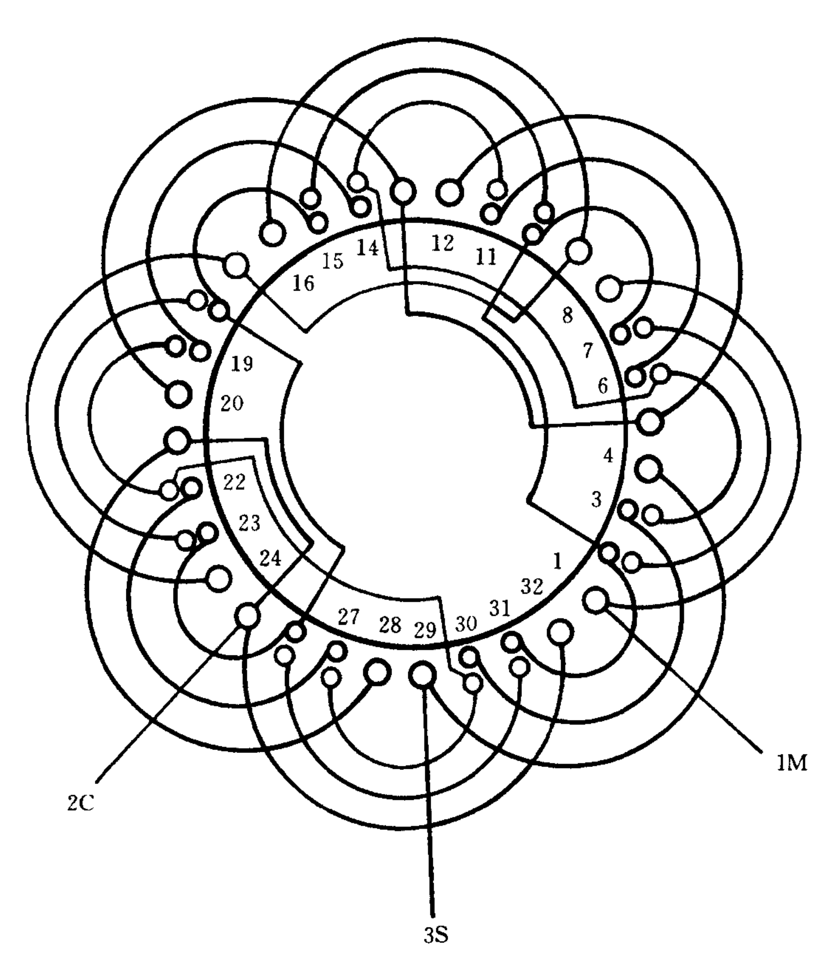
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	27	31	26	32	25	19	23	18	24	17		11	15	10	16	9
	上层											25					
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层		3	7	2	8	1							21			
	上层	17						9	1	23	27	22	28		15	19	14
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		13						5						29		29
	上层	20		21	7	11	6	12		13	31	3	30	4		5	

(2) 分层整嵌法。整嵌法无需吊边，先将两组主绕组对称嵌入槽内，完成后再嵌副绕组，两组对称嵌线可使大节距线圈边在槽内处于相同层次，使绕组对称美观。这种嵌线属简易嵌法，嵌线顺序见附表 9-2c。

附表 9-2c　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	3	7	2	8	1	9	19	23	18	24	17	25	11	15	10	16
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	9	17	27	31	26	32	25	1								
	上平面									31	3	30	4	29	5	15	19
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下平面																
	上平面	14	20	13	21	7	11	6	12	5	13	23	27	22	28	21	29

9-3 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/3—B 布线



彩图 9-3 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 3/3 B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=32$ 电机极数 $2p=4$ 总线圈数 $Q=24$

线圈组数 $u=8$ 主相组数 $u_m=4$ 副相组数 $u_a=4$

主相每组 $S_m=3$ 副相每组 $S_a=3$ 极相槽数 $q=4$

绕组极距 $\tau=8$

正弦绕组布线方案见附表 9-3a。

附表 9-3a 正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)
3B	1 8	41.1	0.827	3B	5 12	41.1
	2 7	35.1			6 11	35.1
	3 6	23.8			7 10	23.8

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9 3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组布线相同，均采用缺 1 圈 B 类安排的正弦绕组。每极 3 只线圈，同相相邻线圈组间接线是反向串联，即“尾与尾”或“头与头”相接。此绕组最大节距线圈为单层布线，采用整嵌法能形成层次分明的双平面绕组；绕组能较有效地削减 3、5、7 次谐波分量，但仍不能完全消除高次谐波影响。绕组有较好的起动性能，但绕组系数略低于 A 类布线。此绕组既可用于运行型也适用于起动型单相电动机，为国产多种型号压缩机组电动机所选用。

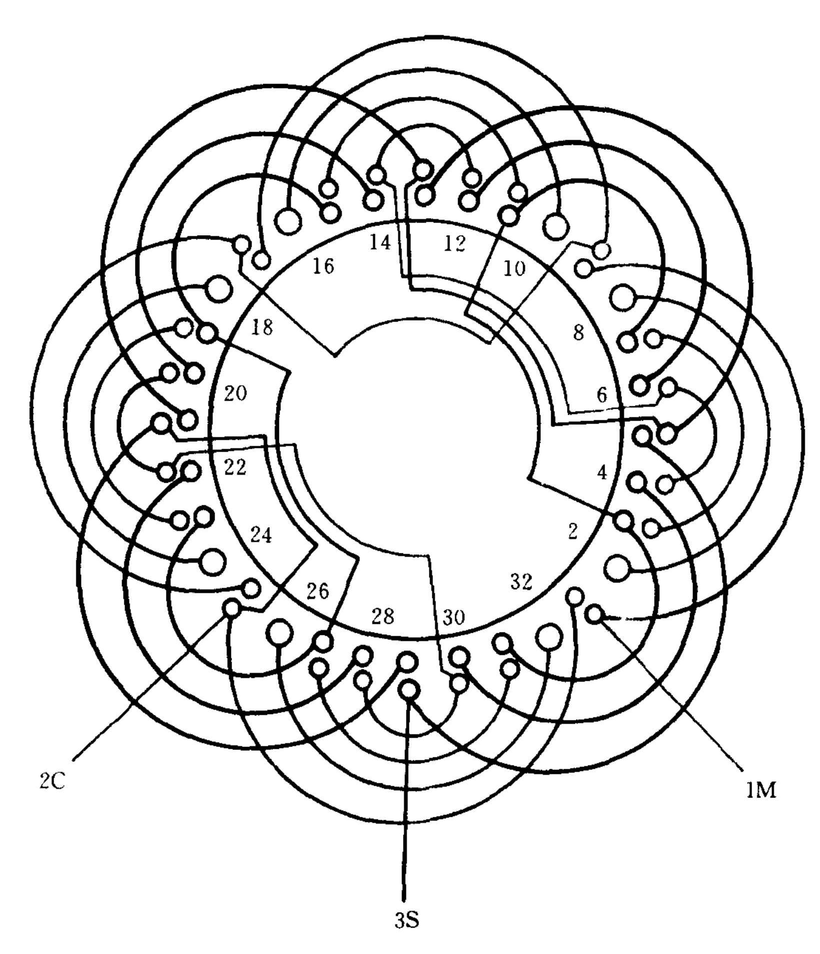
4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线采用分层法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，使两绕组的线圈端部分置于上、下平面上。嵌线顺序见附表 9-3b。

附表 9-3b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	27	30	26	31	25	32	19	22	18	23	17	24	11	14	10	15
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	9	16	3	6	2	7	1	8								
槽号	上平面									23	26	22	27	21	28	15	18
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	上平面	14	19	13	20	7	10	6	11	5	12	31	2	30	3	29	4

9-4 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 4/3—A 布线



彩图 9-4 冰箱单相电动机四极 32 槽正弦绕组 4/3—A 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=32$　电机极数 $2p=4$　总线圈数 $Q=28$
线圈组数 $u=8$　主相组数 $u_m=4$　副相组数 $u_a=4$
主相每组 $S_m=4$　副相每组 $S_a=3$　极相槽数 $q=4$
绕组极距 $\tau=8$

正弦绕组布线方案见附表 9-4a。

附表 9-4a　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
4A	1 9	19.9	0.796	3A	5 13	23.5
	2 -8	36.8			6 12	43.4
	3 - 7	28.0			7 11	33.1
	4- 6	15.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组选用不同的 A 类布线方案，主绕组是满圈布线，每组由 4 只线圈组成，能基本削减高次谐波干扰，但绕组系数偏低。副绕组是缺 1 圈布线，绕组系数略高于主绕组，但仍存在高次谐波影响。本方案适用于要求起动性能较高的起动型电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

因主、副绕组均为 A 类安排，故嵌线有两种方法：

(1) 分层交叠法。主、副绕组仍按分层嵌入，但最大节距的双层线圈边则交叠嵌线如图所示，嵌线需吊起 1 边。嵌线顺序见附表 9-4b。

附表 9-4b　分层交叠法

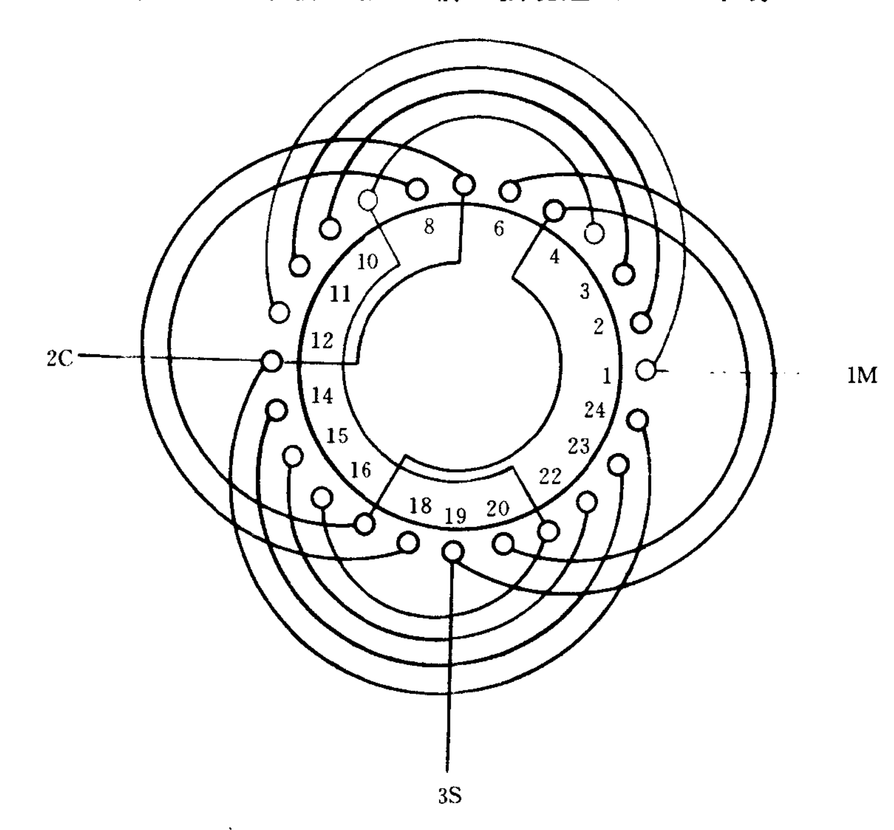
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	28	30	27	31	26	32	25	20	22	19	23	18	24	17		12	14	11	15	10
	上层															25					
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层	16	9		4	6	3	7	2	8	1							21			
	上层			17								9	1	23	27	22	28		29	15	19
嵌绕次序		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56				
槽号	下层			13						5						29					
	上层	14	20		21	7	11	6	12		13	31	3	30	4		5				

(2) 分层整嵌法。主、副绕组分层嵌入，无需吊边，但宜同相对称嵌线，以使大节距线圈两边同处于槽内的相同层次。嵌线顺序见附表 9-4c。

附表 9-4c　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
槽号	下平面	4	6	3	7	2	8	1	9	20	22	19	23	18	24	17	25	12	14	11
嵌绕次序		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
槽号	下平面	15	10	16	9	17	28	30	27	31	26	32	25	1						
	上平面														31	3	30	4	29	5
嵌绕次序		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
槽号	上平面	15	19	14	20	13	21	7	11	6	12	5	13	23	27	22	28	21	29	

9-5 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/2—B 布线



彩图 9-5 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/2 B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$ 总线圈数 $Q-12$

线圈组数 $u=4$ 主相组数 u_m-2 副相组数 $u_a=2$

主相每组 $S_m=4$ 副相每组 $S_a=2$ 极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 9-5a。

附表 9-5a 正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
4B	1 12	29.9	0.855	2B	7 18	51.8
	2 11	27.8			8 17	48.2
	3 10	24.0				
	4 9	18.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-5。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组采用缺 2 圈的 B 类正弦方案布线，每组有 4 只线圈，两组线圈极性相反，属显极布线；副绕组是缺 4 圈的 B 类正弦方案，每组仅 2 圈，也是显极布线。定子 24 槽安排主、副绕组 12 只线圈，全部为单层布线，故嵌线比较方便。此绕组的占槽比为 2∶1，副绕组的绕组系数较高，但存在较强的 3、5、7 次谐波影响，电气性能较差；但主绕组则能有效地削弱高次谐波分量，故适用于起动型电动机。

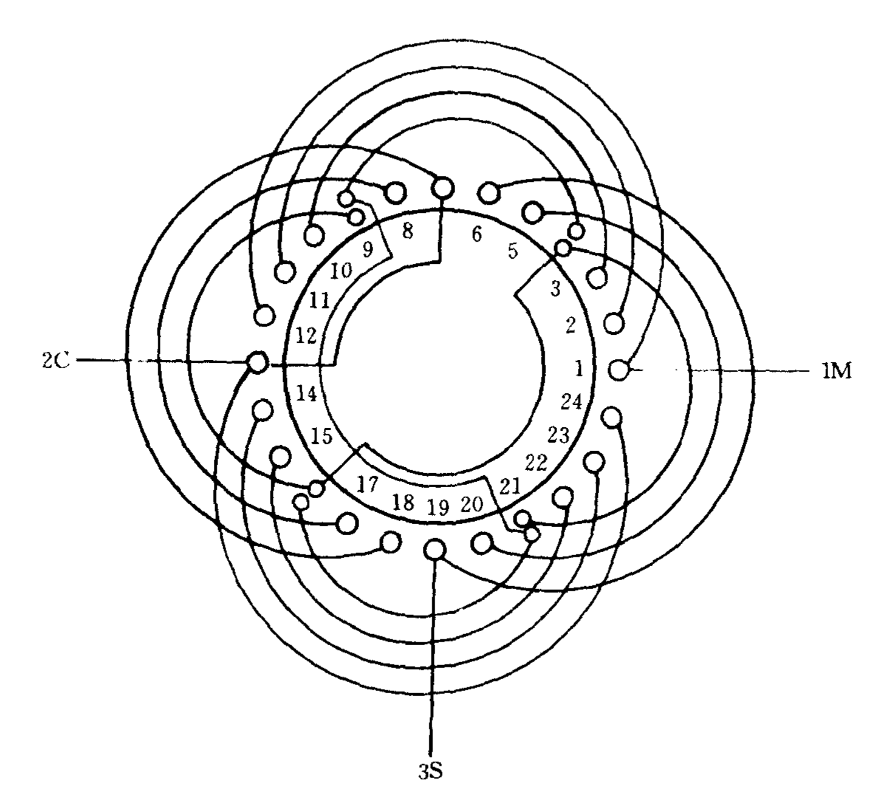
4. 绕组嵌绕工艺要点

由于主、副绕组均是单层线圈，故嵌线时没有同相交叠线圈，整嵌能形成层次分明的双平面绕组。操作时先嵌主绕组，后嵌副绕组，嵌线顺序见附表 9-5b。

附表 9-5b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	14	23	13	24								
	上平面					8	17	7	18	20	5	19	6

9-6 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/3—B 布线



彩图 9-6 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/3-B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=2$　总线圈数 $Q=14$

线圈组数 $u=4$　主相组数 $u_m=2$　副相组数 $u_a=2$

主相每组 $S_m=4$　副相每组 $S_a=3$　极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 9-6a。

附表 9-6a　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_t（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_v（%）
4B	1—12	29.9	0.855	3B	7—18	36.6
	2—11	27.8			8—17	34.1
	3—10	24.0			9—16	29.3
	4—9	18.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线图见彩图 9-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组采用 B 类安排，主绕组每组 4 圈，缺 2 圈；副绕组每组缺 3 圈，即每组 3 圈。此绕组仍存在 3、5、7 次谐波分量，但主绕组受干扰较轻而副绕组受影响较大，故通常用于起动型电动机。

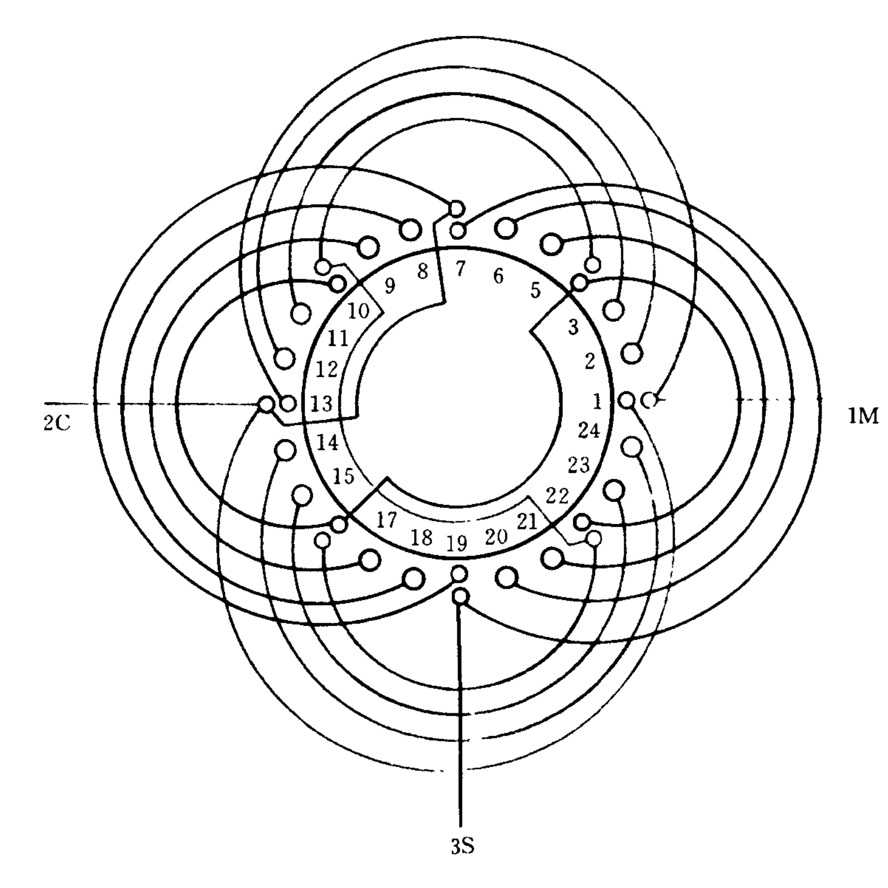
4. 绕组嵌绕工艺要点

本绕组无同相双层槽，故采用分层整嵌，先嵌主绕组，再嵌副绕组，使之形成双平面结构的线圈端部。嵌线顺序见附表 9-6b。

附表 9-6b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	13	24												
	上平面			9	16	8	17	7	18	21	4	20	5	19	6

9-7 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/4—A 布线



彩图 9-7 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/4 A 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$　　总线圈数 $Q-16$

线圈组数 $u=4$　　主相组数 $u_m=2$　　副相组数 $u_a=2$

主相每组 $S_m=4$　　副相每组 $S_a=4$　　极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 9-7a。

附表 9-7a　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
4A	1　13	16.4	0.883	4A	7　19	16.4
	2　12	31.8			8　18	31.8
	3　11	28.5			9　17	28.5
	4　10	23.3			10　16	23.3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-7。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组布线相同，均采用 A 类正弦缺 2 圈的布线方案，最大和最小节距线圈为双层线圈，每组线圈数为 4，同相两组线圈极性相反，故属显极绕组。主、副绕组采用同方案，但仍存在 3、5、7 次谐波干扰，相对而言其起动性能略优于运行性能，故宜用于起动型非连续运行的电动机。

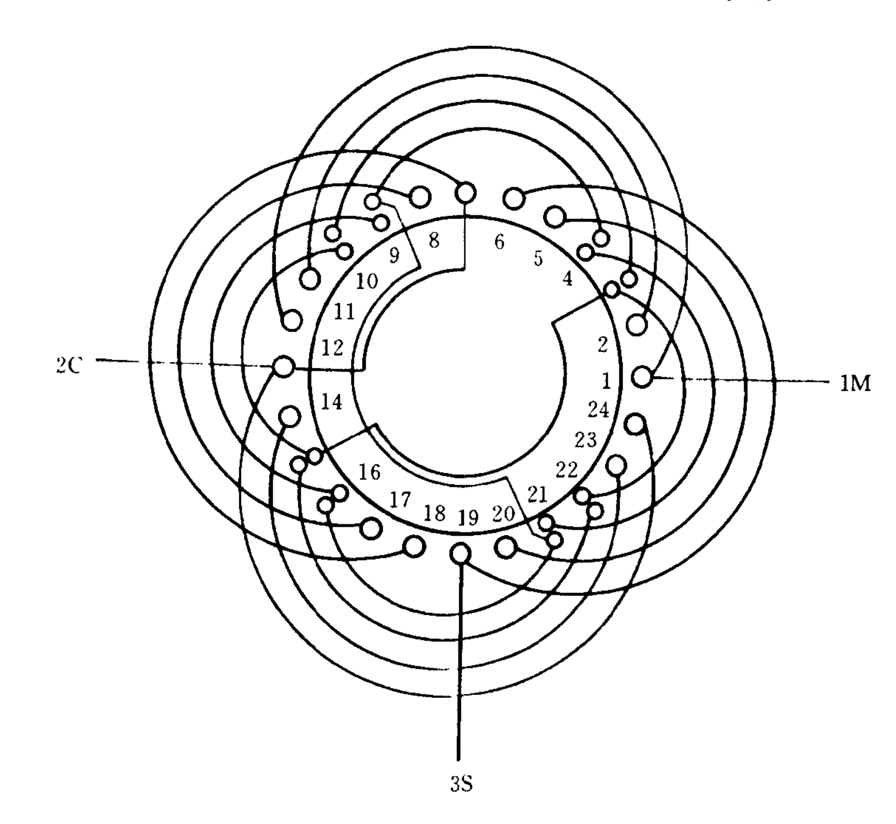
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组采用分层嵌线，但大节距线圈宜交叠嵌入，故需吊起 1 边。嵌线顺序见附表 9-7b。

附表 9-7b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
槽号	下层	4	10	3	11	2	12	1	16	22	15	23	14	24	13				
	上层															1	13	10	
嵌绕次序		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
槽号	下层						7							19					
	上层	16	9	17	8	18		22	4	21	5	20	6		7	19			

9-8　冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/4—B 布线



彩图 9-8　冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 4/4　B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$　　总线圈数　$Q=16$

线圈组数　$u=4$　　主相组数　$u_m=2$　　副相组数　$u_a=2$

主相每组　$S_m=4$　　副相每组　$S_a=2$　　极相槽数　$q=6$

绕组极距　$\tau=12$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9 8。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用相同的 B 类缺圈正弦布线方案。每组均由 4 只线圈组成，其中两只较大节距线圈为单层布线，其余两只小线圈是双层布线；同相两组极性相反，属显极绕组。此绕组虽不能完全消除 3、5、7 次谐波，但运行或起动影响不大，故既可用于起动型也可用于运行型单相电动机。

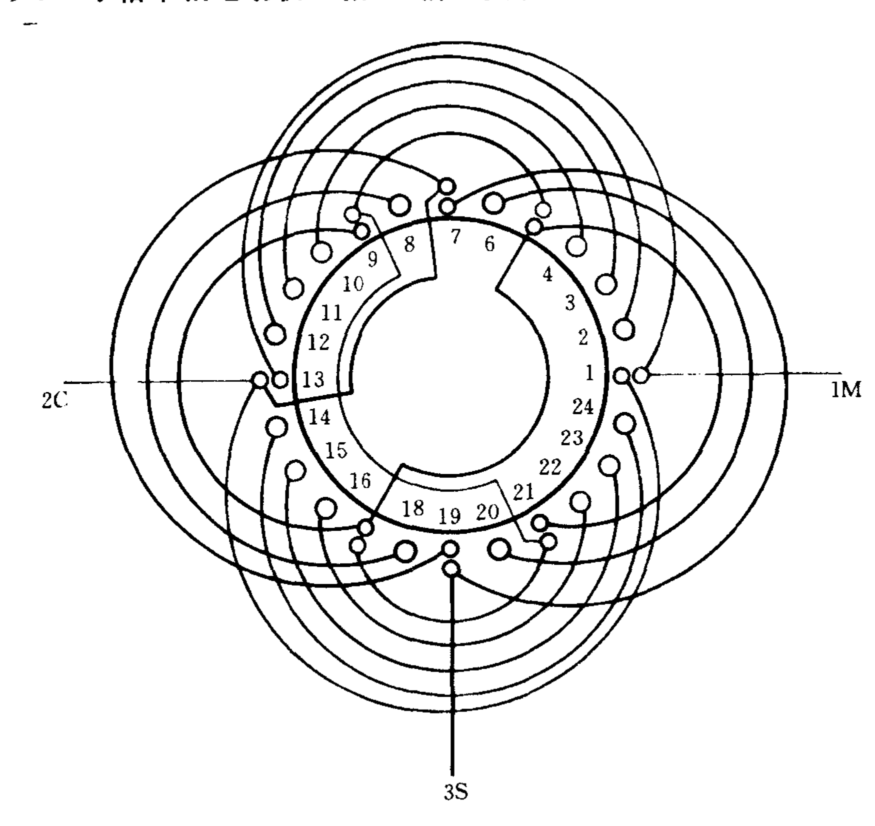
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组为 B 类安排，没有同相双层槽，故宜用整嵌法嵌线。嵌线顺序见附表 9 8。

附表 9-8　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23	13	24		
	上平面																	10	15
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	上平面	9	16	8	17	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6				

9-9 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/3—A 布线



彩图 9-9 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/3 A 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$　　总线圈数 $Q=16$

线圈组数 $u-4$　　主相组数 $u_m=2$　　副相组数 $u_a=2$

主相每组 $S_m=5$　　副相组数 $S_a=3$　　极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$

正弦布线方案见附表 9-9a。

附表 9-9a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_J (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_J (%)
5A	1　13	14.1	0.829	3A	7　19	21.4
	2　12	27.3			8　18	41.4
	3　11	21.5			9　17	37.2
	4　10	20.0				
	5　9	14.1				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组为 A 类正弦，主绕组每组由 5 只线圈组成，绕组系数较低，但能较有效地削减高次谐波的干扰；副绕组每极缺 3 圈，即每组由 3 只线圈组成，存在较大的高次谐波影响。从绕组整体结构而言，安排的单层线圈过多，降低了铁心的有效利用率，但若起动匝数能在较小圈数下安排倒是有利于提高主绕组的输出，故只能用于起动型电动机。

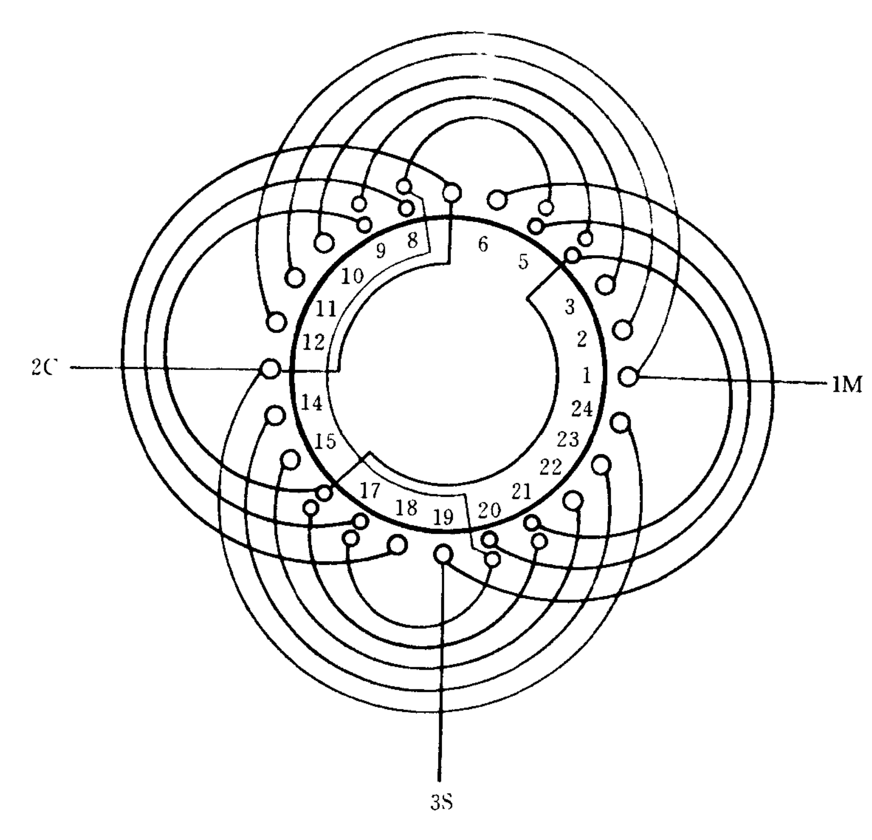
1. 绕组嵌绕工艺要点

本例为 A 类布线，两绕组的大节距线圈均系同相双层线圈，故宜用分层交叠嵌入。嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组，嵌线需吊边数 1。嵌线顺序见附表 9-9b。

附表 9-9b　　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	5	9	4	10	3	11	2	12	1	17	21	16	22	15	23	14
	上层																
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	24	13							7					19		
	上层			1	13	9	17	8	18		21	5	20	6		7	19

9-10 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/3—B 布线



彩图 9-10 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/3 B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$	总线圈数	$Q=16$
线圈组数	$u=4$	主相组数	$u_m=2$	副相组数	$u_a=2$
主相每组	$S_m=5$	副相每组	$S_a=3$	极相槽数	$q=6$
绕组极距	$\tau=12$				

正弦绕组布线方案见附表 9-10a。

附表 9-10a 正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
5B	1 12	26.8	0.806	3B	7 18	36.6
	2 11	25.0			8 17	34.1
	3 10	21.1			9 16	29.3
	4 9	16.5				
	5 8	10.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 B 类布线的正弦绕组，主绕组由 5 只线圈串联成组，两组间极性相反；副绕组则由 3 只线圈串成一组，两组间接线也是反极性。此绕组的主绕组电气性能优于副绕组，但主绕组的绕组系数偏低，一般宜用于起动型电动机。

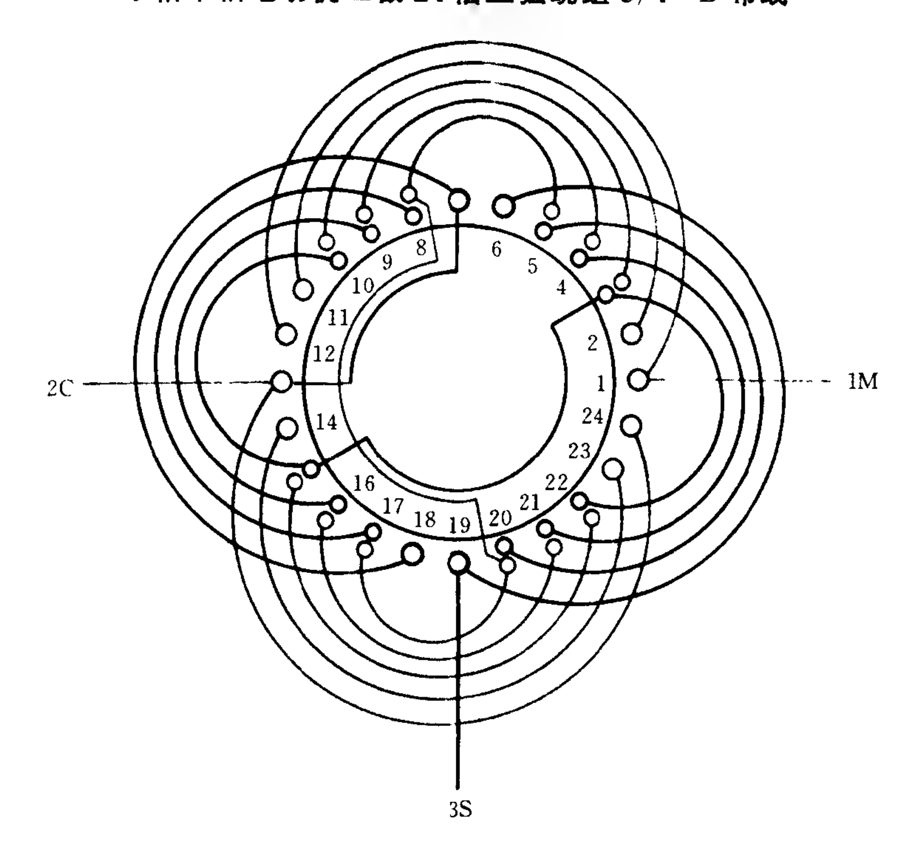
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组没有同相同槽交叠线圈，故采用分层整嵌法可构成绕组端部层次分明的双平面绕组。嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 9-10b。

附表 9-10b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	14	23	13	24												
	上平面					9	16	8	17	7	18	21	4	20	5	19	6

9-11　冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/4—B 布线



彩图 9-11　冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/4　B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$　　总线圈数　$Q=18$

线圈组数　$u=4$　　主相组数　$u_m=2$　　副相组数　$u_a=2$

主相每组　$S_m=5$　　副相每组　$S_a=4$　　极相槽数　$q=6$

绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 9 11a。

附表 9-11a　　正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)
5B	1 12	26.8	0.806	4B	7－18	29.9
	2 11	25.0			8 17	27.8
	3 10	21.4			9 16	24.0
	4 9	16.5			10 15	18.3
	5 8	10.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-11。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组每极 5 圈，副绕组每极 4 圈，均系显极式布线，两绕组采用缺圈 B 类安排的正弦绕组，虽不能完全消除 3、5、7 次谐波，但起动和运行性能都较好，常为短期工作的起动型电动机所选用，在电冰箱中就有多款机型采用此绕组型式。

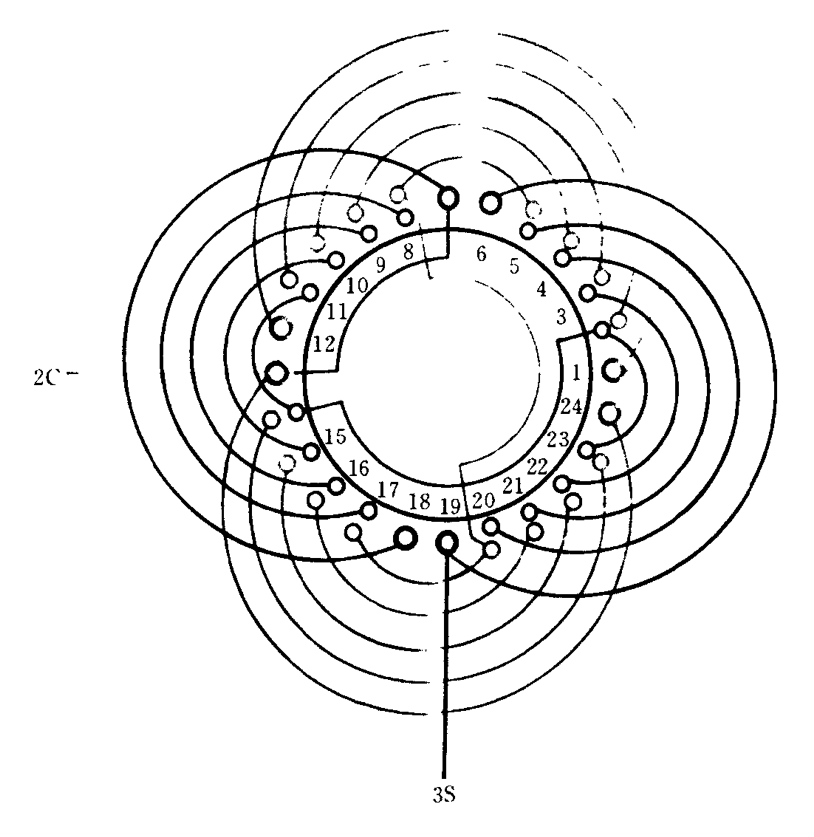
4. 绕组嵌绕工艺要点

主、副绕组均属 B 类，没有同相同槽交叠线圈，故采用整圈嵌线。嵌线顺序见附表 9 11b。

附表 9-11b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22	14	23
	上平面																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	13	24																
	上平面			10	15	9	16	18	17	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6

9-12 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/5—B 布线



彩图 9-12 冰箱单相电动机二极 24 槽正弦绕组 5/5 B 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$ 总线圈数 $Q=20$

线圈组数 $u=4$ 主相组数 $u_m=2$ 副相组数 $u_a=2$

主相每组 $S_m=5$ 副相每组 $S_a=5$ 极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案见附表 9-12a。

附表 9-12a 正弦绕组布线方案

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
5B	1—12	26.8	0.806	5B	7—18	26.8
	2 11	25.0			8 17	25.0
	3 10	21.4			9 16	21.4
	4 9	16.5			10 15	16.5
	5 8	10.3			11 14	10.3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 9-12。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均系正弦绕组 B 类安排，而且都舍去节距为 1 的最小线圈，使嵌线较为方便，并能有效地削弱 3、5、7 次谐波影响而获得良好的电气性能。本方案在电机产品中应用较多，既可用于起动型电机，也适用于运行型电机，除应用于冰箱压缩机组电动机外，其他还有多款电动机采用此绕组型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例为 B 类布线，宜用整嵌法构成端部双平面绕组。嵌线顺序见附表 9-12b。

附表 9-12b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	15	22	14	23	13	24								
	上平面							11	14	10	15	9	16	8	17
嵌绕次序		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
槽号	上平面	7	18	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6		

彩图 10　单相家用鼓风机用罩极电动机绕组布线接线图

单相小型鼓风机广泛用于家庭、食堂、酒楼食市，作为燃炉鼓风之用。鼓风电动机有罩极式、串激式和分相式几种，但由于工作环境恶劣，唯罩极电动机应用最多。罩极式电动机具有结构简单、坚固耐用、成本低廉、使用维护方便等优点，但因电气性能差、效率极低而电能单耗大等缺点，仅使用于小功率的场合。罩极电动机的罩极绕组有集中式和分布式，前者仅有一只镶在定子凸极铁心裂缝的短路环，只用于极小功率的电机；分布式绕组的定子与普通单相电动机相同，副绕组为多圈单匝（或多匝）并自行闭路的罩极绕组。本节鼓风机用电动机便采用此型式。为便于读图，特作说明如下：

（1）罩极电动机只有 2 根主绕组引出线（U_1、U_2），使用时只要接通单相电源，电动机便自行起动、运转。

（2）罩极电动机的转向决定于罩极罩住铁心与主磁极的相对位置，即主极向被罩部分旋转，故不能以改换电源极性来改变方向。

（3）罩极电动机罩极偏角一般在 30～60°范围，为兼顾起动和运行性能通常为 45°电角。

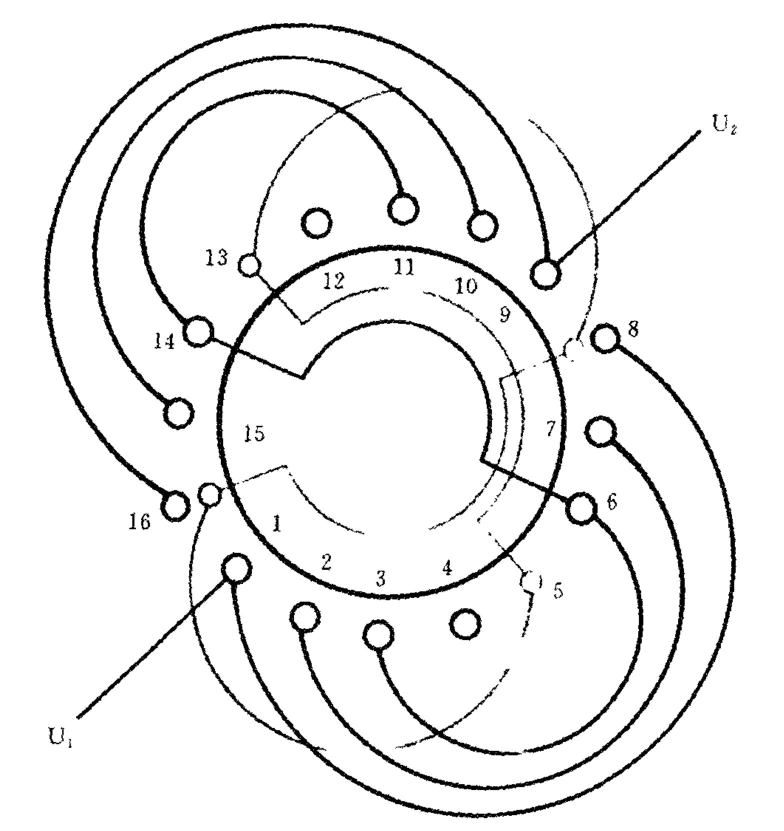
（4）罩极电动机主绕组线圈宜用模绕，嵌线方法同一般单相电动机绕组；罩极每圈仅一至数匝，通常都采用手绕嵌线。

（5）本节单相鼓风电动机原设计均为等匝线圈布线，为提高电机性能，重绕时可考虑改绕正弦布线，改绕参数可参考各例中的附表 a。

（6）本节罩极电动机均为二极，其绕组结构各有不同，为便于识别和查找，本书采用分数形式表示其布线特点，例如“同心绕组 3/1 布线”表示主绕组为同心式绕组，每组线圈数为 3；罩极绕组每组为单圈，如此类推。

（7）本节例图用彩色绘制，主绕组是红色，罩极绕组是绿色。

10-1 单相二极 16 槽罩极式鼓风电动机同心绕组 3/1 布线



彩图 10-1 单相二极 16 槽罩极式鼓风电动机同心绕组 3/1 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$　电机极数 $2p=2$　主相圈数 $Q_m=6$

主相组数 $u_m=2$　主相每组 $S_m=3$　罩极每组 $S_j=1$

每槽电角 $\alpha=22.5°$　罩极布线 单圈串联　罩极偏角 $\theta=45°$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-1a。

附表 10-1a　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
3B	$\tau=8$	1—8	41.1	0.827
		2—7	35.1	
		3—6	23.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-1。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组总共有 6 只线圈，分二组，每组 3 圈，采用 B 类显极布线；罩极每极只有 1 只线圈，两极线圈反向串联并形成闭合回路。此绕组是顺时针转向。本例为空 2 槽等匝线圈布线，如需改善性能，重绕时可参照附表10-1a 改绕正弦布线。

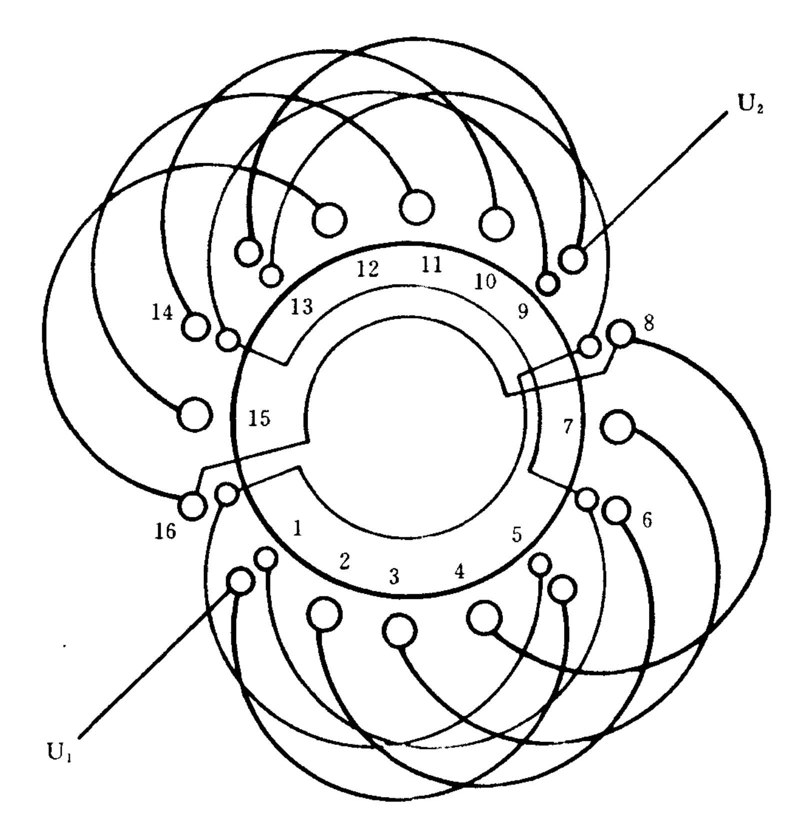
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组用塔模绕制线圈组，如有可能最好采用连绕工艺，既可免除接线工序，节省工时，又可确保连接质量。绕组嵌线采用整嵌法，嵌好主绕组后按图衬垫层间绝缘，再用手绕法将罩极线圈（一般为有限的几匝）绕进相应槽内，然后将其首尾两端并接成闭合回路。嵌线顺序见附表 10-1b。

附表 10-1b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	3	6	2	7	1	8	11	14	10	15	9	16				
	上平面													1	5	13	8

10-2 单相二极 16 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 4/2 布线



彩图 10-2 单相二极 16 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 4/2 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$ 电机极数 $2p=2$ 主相圈数 $Q_m=8$

主相组数 $u_m=2$ 主相每组 $S_m=4$ 罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=22.5°$ 罩极布线 叠式双圈 罩极偏角 $\theta=33.75°$

主圈节距 $Y=4$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-2a。

附表 10-2a 主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
4B	$\tau=8$	1 8	38.3	0.78
		2 7	32.4	
		3 6	21.7	
		4 5	7.6	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为顺时针方向布线方案，主绕组采用叠式布线，每组由 4 只等节距线圈组成，线圈节距较短，但能采用分组嵌线，故嵌线并不困难。绕组采用显极布线，两组线圈极性必须相反，故接线是“尾与尾”相接。罩极绕组也是等节距叠式布线，偏角小于 45°，故起动性能较差而运行性能较好，适用于空载起动的场合。此外，原绕组是等匝线圈，重绕时可将其改绕正弦绕组以提高电气性能。

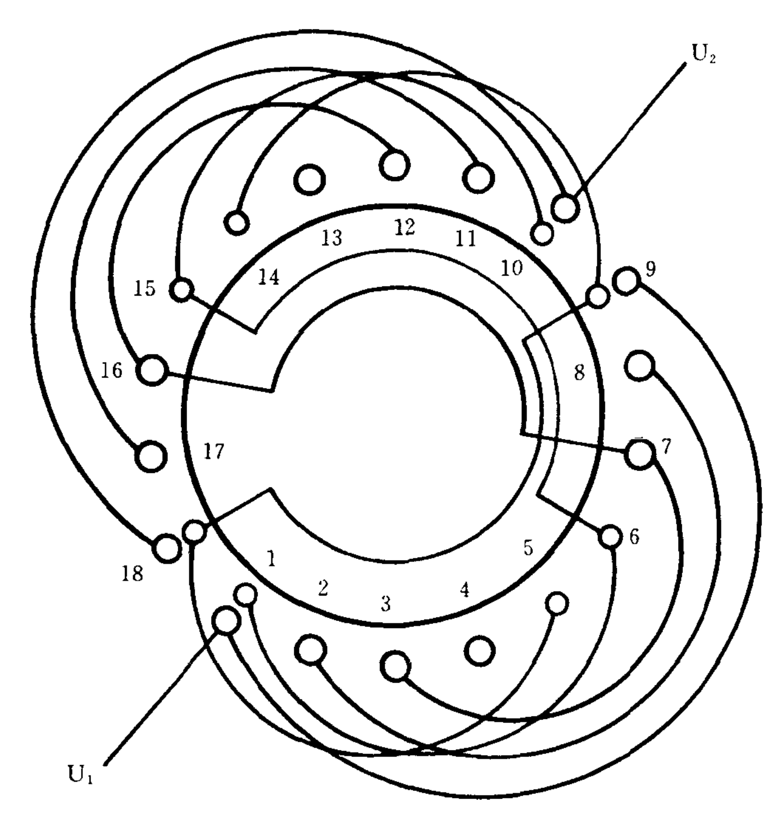
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分组嵌线，先嵌主绕组，完成后再用手绕嵌入罩极绕组。嵌线顺序见附表 10-2b。

附表 10-2b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	4	8	3	7	2	6	1	5	12	16	11	15	10	14	9	13
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	上层	16	5	1	6	14	9	13	8								

10-3　单相二极 18 槽罩极式鼓风电动机同心绕组 3/2 布线



彩图 10-3　单相二极 18 槽罩极式鼓风电动机同心绕组 3/2 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=18$　电机极数　$2p=2$　主相圈数　$Q_m=6$

主相组数　$u_m=2$　主相每组　$S_m=3$　罩极每组　$S_t=2$

每槽电角　$\alpha=20°$　罩极布线　叠式双圈　罩极偏角　$\theta=40°$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-3a。

附表 10-3a　　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpn}
3B	$\tau=9$	1　9	39.5	0.856
		2　8	34.8	
		3　7	25.7	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10 3。

3. 绕组结构及布接线特点

主绕组每极 3 圈，18 槽中除全空 2 槽外，还有 4 槽仅嵌入几匝的罩极绕组，故空槽率颇高。主绕组采用同心式等匝线圈，罩极绕组则用等节距交叠线圈；绕组是显极布线，接线时两组极性必须相反。罩极绕组用手绕嵌线，两组极性也反向串联后首尾短接。此绕组占槽率较低，铁心利用率偏低；罩极偏角接近 45°，基本能兼顾起动和运行的性能。原绕组是等匝布线，为提高电动机电气性能，重绕时可考虑改绕正弦布线。本例电动机旋转是顺时针方向。

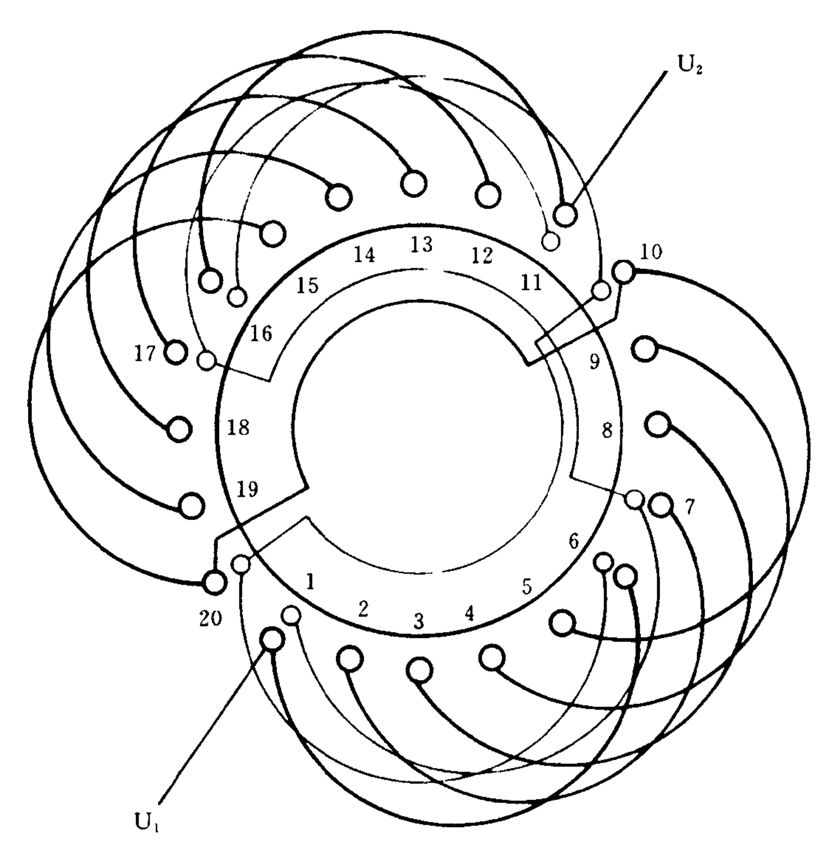
4. 绕组嵌绕工艺要点

采用分层嵌线。嵌线顺序见附表 10-3b。

附表 10-3b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	3	7	2	8	1	9	12	16	11	17	10	18
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上层	18	5	1	6	15	10	14	9				

10-4 单相二极 20 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线



彩图 10-4 单相二极 20 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=20$　　电机极数 $2p=2$　　主相圈数 $Q_m=10$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=5$　　罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=18°$　　罩极布线 叠式双圈　　罩极偏角 $\theta=27°$

主圈节距 $Y=5$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-4a。

附表 10-4a　　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
5B	$\tau=10$	1—10	30.9	0.798
		2—9	27.9	
		3 8	22.1	
		4 7	14.2	
		5 6	4.9	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组设计为顺时针旋转。本电机定子为 20 槽，在电机中少见，属特殊设计的专用铁心。主绕组每极 5 只交叠等距线圈，节距较短，仅为极距的 1/2，因无同相交叠，主绕组可采用整嵌而无需吊边，故嵌线比较方便；接线则是反接串联，即两组“尾与尾”相接，使两组线圈极性相反。罩极也是叠式布线，每极 2 圈，采用手绕嵌线。此绕组原设计是等匝分布，为提高电动机电气性能，重绕时可参考附表 10-4a 改成正弦绕组，罩极不变。

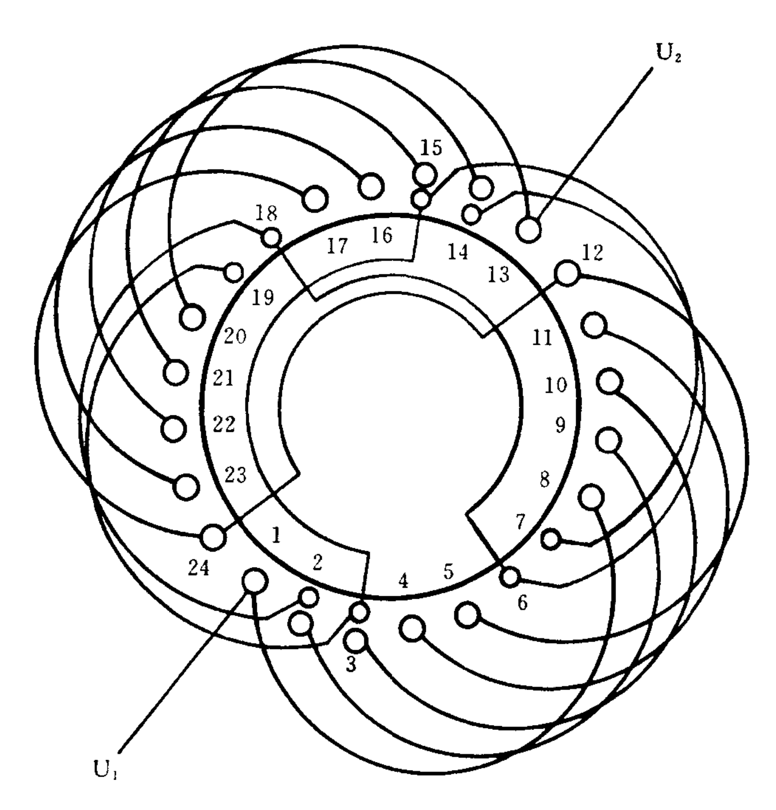
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整嵌法，主绕组按图逐个整嵌，完成后再把罩极绕组的绝缘导线用手绕入相应槽内。嵌线顺序见附表 10-4b。

附表 10-4b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	5	10	4	9	3	8	2	7	1	6	15	20	14	19	13
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	18	12	17	11	16										
	上层						20	6	1	7	17	11	16	10		

10-5 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之一



彩图 10-5 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之一

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$　　主相圈数 $Q_m=10$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=5$　　罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=15°$　　罩极布线 叠式双圈　　罩极偏角 $\theta=60°$

主圈节距 $Y=7$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-5a。

附表 10-5a　　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
5B	$\tau=12$	1 12	26.8	0.806
		2 11	25.0	
		3 10	21.4	
		4 9	16.5	
		5 8	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组是逆时针旋转方向。主绕组每极由 5 只等节距的交叠线圈组构成，绕组采用显极布线，两组线圈极性相反。罩极绕组采用长节距布线，被罩部分占极面的 4/5，使偏角达到 60°，故其起动性能较好而运行性能较差，适用于要求较高起动转矩的场合使用。重绕时可考虑改为正弦布线。

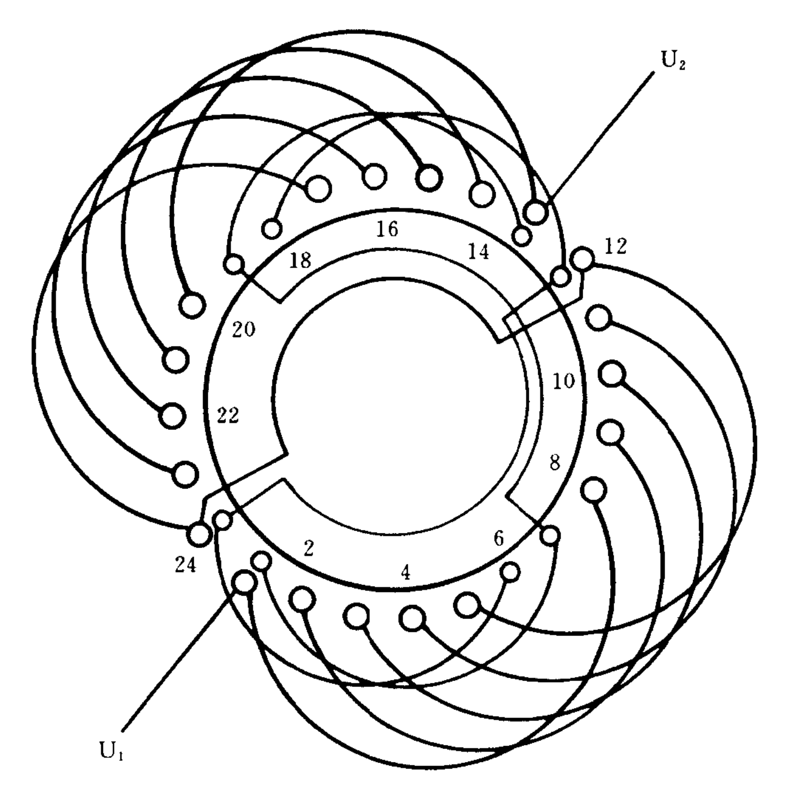
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组采用整圈嵌线法，逐圈整嵌，完成后再手绕嵌入罩极绕组。嵌线顺序见附表 10-5b。

附表 10-5b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	5	12	4	11	3	10	2	9	1	8	17	24	16	23	15
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	22	14	21	13	20										
	上层						6	14	7	15	3	19	2	18		

10-6 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之二



彩图 10-6 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之二

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$ 主相圈数 $Q_m=10$

主相组数 $u_m=2$ 主相每组 $S_m=5$ 罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=15°$ 罩极布线 叠式双圈 罩极偏角 $\theta=45°$

主圈节距 $Y=7$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-6a。

附表 10-6a 主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
5B	$\tau=12$	1—12	26.8	0.806
		2—11	25.0	
		3—10	21.4	
		4—9	16.5	
		5—8	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主绕组布接线与上例相同，主绕组由 5 只等距线圈串成一组，两组反方向连接形成二极。而罩极绕组也是每组两交叠圈，但节距较上例缩短 2 槽，罩极偏角也较上例偏减 1 槽，使之能兼顾起动和运行性能。此绕组为顺时转向设计，也跟上例不同。

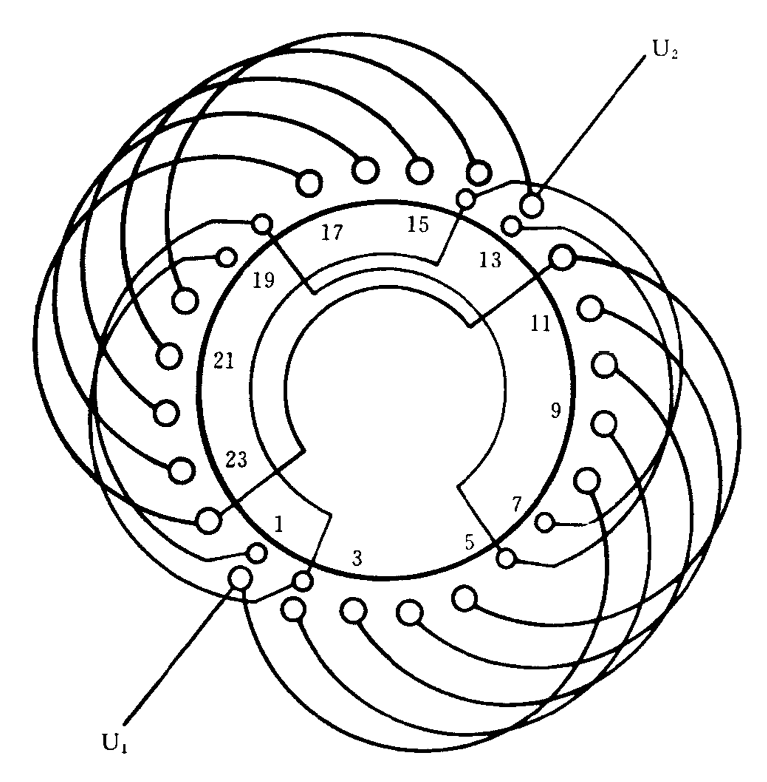
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，主绕组逐圈整嵌，完成后再用手绕法将罩极绕组导线依图嵌入。嵌线顺序见附表 10-6b。

附表 10-6b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	5	12	4	11	3	10	2	9	1	8	17	24	16	23	15
	上层															
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	22	14	21	13	20										
	上层						24	6	1	7	19	13	18	12		

10-7 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之三



彩图 10-7　单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单叠绕组 5/2 布线之三

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　电机极数　$2p=2$　主相圈数　$Q_m=10$

主相组数　$u_m=2$　主相每组　$S_m=5$　罩极每组　$S_1=2$

每槽电角　$\alpha=15°$　罩极布线　叠式双圈　罩极偏角　$\theta=52.5°$

主圈节距　$Y=7$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-7a。

附表 10-7a　　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
5B	$\tau=12$	1　12	26.8	0.806
		2　11	25.0	
		3　10	21.4	
		4　9	16.5	
		5　8	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-7。

3. 绕组结构及布接线特点

本例与上例基本相同，但系逆时针旋转方案，罩极极面较上例增加 1 槽，罩极偏角则大于上例的 45°而达到 52.5°，使电动机的起动转矩提高，但运行性能逊于上例。

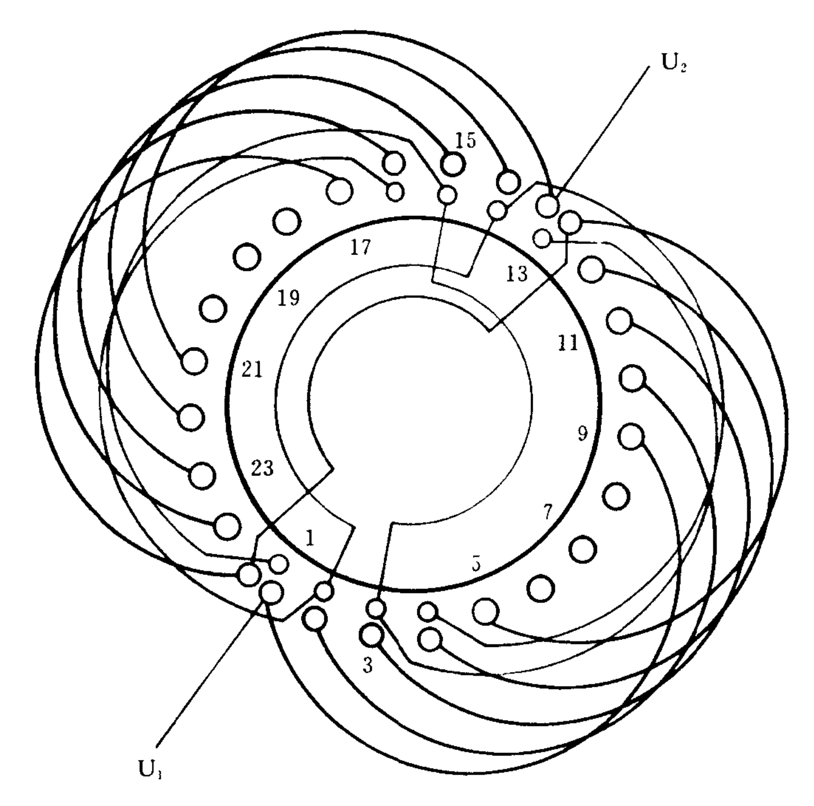
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌法，先将主绕组线圈逐个嵌入，完成后再用手绕嵌罩极绕组。嵌线顺序见附表 10-7b。

附表 10-7b　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下层	5	12	4	11	3	10	2	9	1	8	17	24	16	23
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下层	15	22	14	21	13	20								
	上层							6	13	7	14	2	19	1	18

10-8 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 5/2 布线之一



彩图 10-8 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 5/2 布线之一

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$ 主相圈数 $Q_m=10$

主相组数 $u_m=2$ 主相每组 $S_m=5$ 罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=15°$ 罩极布线 叠式双圈 罩极偏角 $\theta=22.5°$

主圈节距 $Y=8$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-8a。

附表 10-8a 主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
5A	$\tau=12$	1—13	14.1	0.829
		2—12	27.3	
		3—11	24.5	
		4—10	20.0	
		5—9	14.1	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例有别于前面数例，主绕组为单双层布线，即最大节距线圈等于极距而成为双层线圈，其线圈匝数等于单层槽线圈匝数的一半。主绕组每组 5 圈，其中 4 只单层线圈，一只双层线圈，定子空出 6 槽，故利用率稍低，但绕组系数略高。罩极绕组为长跨距的交叠双圈。罩极偏角小于 45°，且罩及槽数偏多，故电机的起动和运行性能均不够理想。

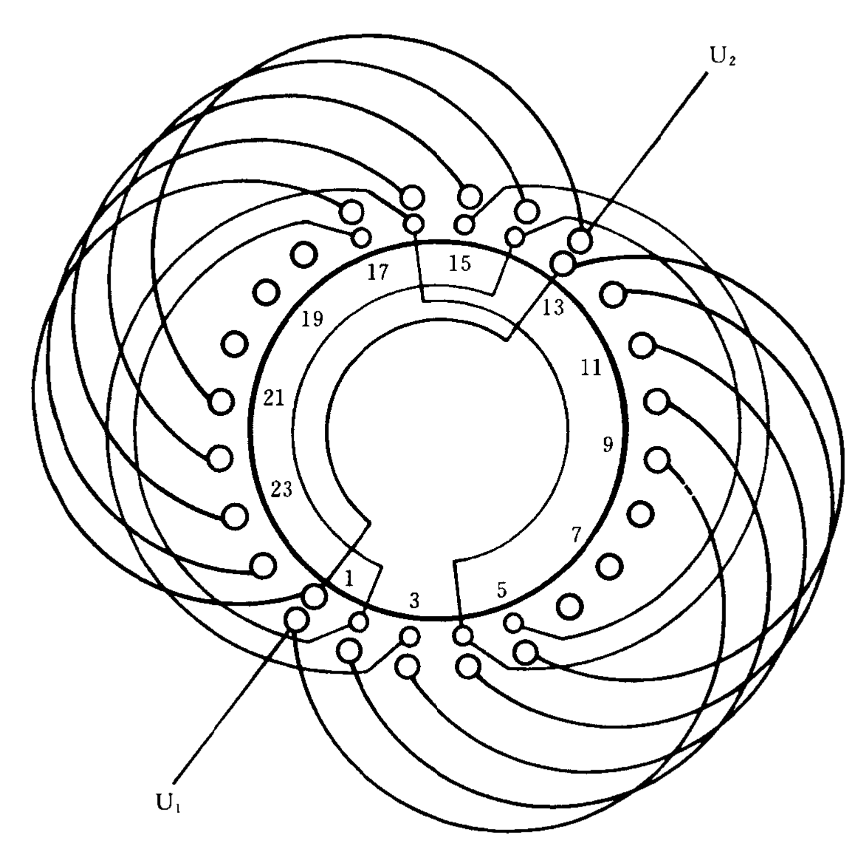
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组，因其大线圈是同槽双层，故宜用交叠嵌入，以示整齐美观，完成后再用手绕方法嵌绕罩极绕组。嵌绕顺序见附表 10-8b。

附表 10-8b 分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	5	4	12	3	11	2	10	1	9	17		16	24	15	23	14
	上层											1					
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
槽号	下层	22	13	21													
	上层				13	3	13	4	14	2	16	1	15				

10-9 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 5/2 布线之二



彩图 10-9 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 5/2 布线之二

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$ 主相圈数 $Q_m=10$

主相组数 $u_m=2$ 主相每组 $S_m=5$ 罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=15°$ 罩极布线 同心双圈 罩极偏角 $\theta=37.5°$

主圈节距 $Y=8$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-9a。

附表 10-9a 主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
5A	$\tau=12$	1 13	14.1	0.829
		2 12	27.3	
		3 11	24.5	
		4 10	20.0	
		5 9	14.1	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例与上例基本相同，主绕组布线也是单双层，即大节距线圈为双层；罩极绕组跨距也与上例相同，但改叠式布线为同心布线，并沿顺时针方向移动 1 槽，使罩极偏角扩大至 37.5°，则起动性能略有改善。此两例绕组采用长跨距罩极线圈几乎罩住全部磁极，对运行实在不利，这种设计是根据有关资料绘制而成，仅供参考。

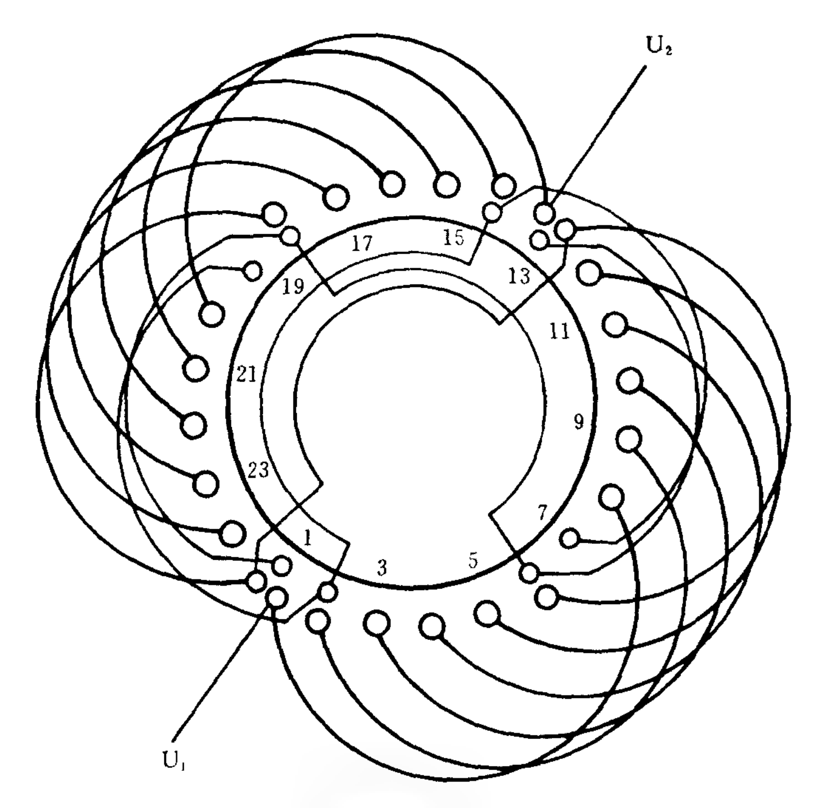
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组有同相同槽线圈，为使布线美观整齐，宜将其交叠嵌入，故需吊起 1 边；罩极绕组则用手绕嵌入。嵌线顺序见附表 10-9b。

附表 10-9b 分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	5	4	12	3	11	2	10	1	9	17		16	24	15	23	14
	上层											1					
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
槽号	下层	22	13	21													
	上层				13	5	14	4	15	16	3	17	2				

10-10　单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 6/2 布线之一



彩图 10-10　单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 6/2 布线之一

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=2$　　主相圈数　$Q_m=12$

主相组数　$u_m=2$　　主相每组　$S_m=6$　　罩极每组　$S_j=2$

每槽电角　$\alpha=15°$　　罩极布线　叠式双圈　　罩极偏角　$\theta=45°$

主圈节距　$Y=7$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-10a。

附表 10-10a　　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
6A	$\tau=12$	1—13	13.2	0.79
		2—12	25.4	
		3—11	22.8	
		4—10	18.6	
		5—9	13.2	
		6—8	6.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组为逆时针旋转方案。主绕组每组由 6 只等距线圈组成，布线为显极式，即两组线圈极性相反，主绕组为满圈布线，所剩 2 槽为罩极绕组嵌入，故铁心利用率较高。罩极绕组采用中跨距，罩住极面的 1/2，使偏角满足 45°而使电动机的起动性能和运行性能得以兼顾，属于设计比较合理的罩极安排。重绕时若能改绕正弦布线则更理想。

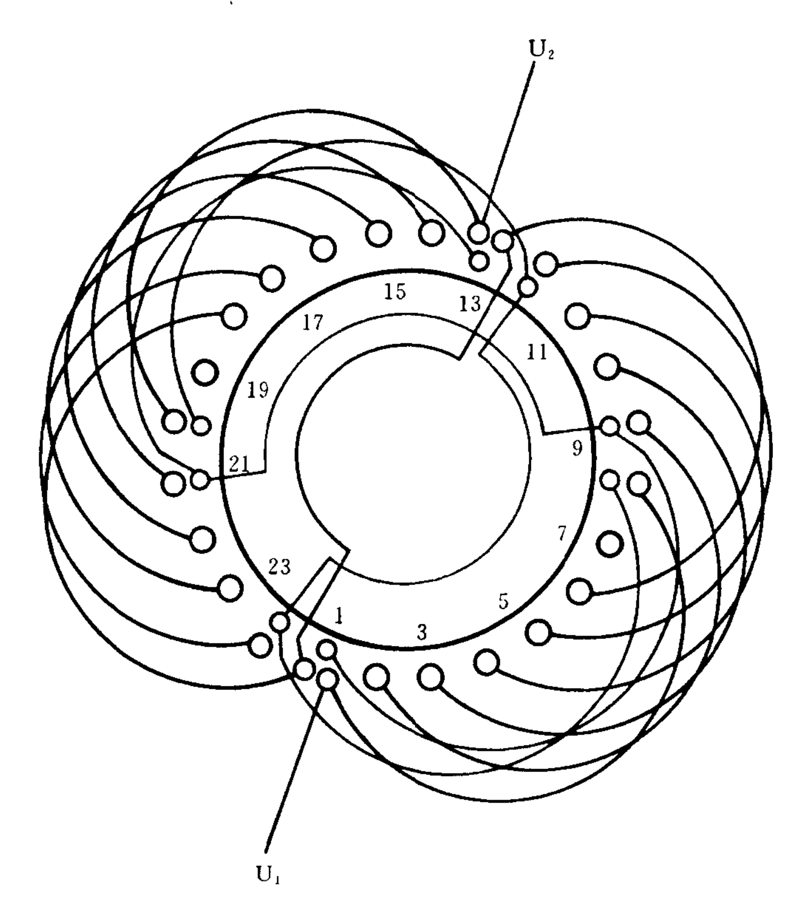
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，但双层线圈宜用交叠嵌入，故需吊边。罩极绕组则用手绕。嵌线顺序见附表 10-10b。

附表 10-10b　　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	6	5	12	4	11	3	10	2	9	1	8	18		17	24	16
	上层													1			
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	23	15	22	14	21	13	20									
	上层								13	6	13	7	14	2	19	1	18

10-11 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 6/2 布线之二



彩图 10-11 单相二极 24 槽罩极式鼓风电动机单双层绕组 6/2 布线之二

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=2$　主相圈数 $Q_m=12$

主相组数 $u_m=2$　主相每组 $S_m=6$　罩极每组 $S_j=2$

每槽电角 $\alpha=15°$　罩极布线 叠式双圈　罩极偏角 $\theta=37.5°$

主圈节距 $Y=7$

主绕组改绕正弦布线方案见附表 10-11a。

附表 10-11a　主绕组改绕正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u (%)	K_{dpm}
6A	$\tau=12$	1　13	13.2	0.79
		2　12	25.4	
		3　11	22.8	
		4　10	18.6	
		5　9	13.2	
		6　8	6.8	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 10-11。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主绕组布线与上例完全相同，即每组 6 圈，显极布线，其中 2 槽安排双层；罩极绕组也是采用交叠双圈，但安排方位不同，是顺时针旋转方案，罩极面扩宽 1 槽，使定子出现 2 只空槽，而且罩极偏角也小于上例，故其起动性能逊于上例而运行性能则优于上例。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组分层嵌线，嵌线顺序见附表 10-11b。

附表 10-11b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	6	5	12	4	11	3	10	2	9	1	8	18		17	21	16	23	15
	上层													1					
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	22	14	21	13	20													
	上层						13	24	8	1	9	21	13	20	12				

彩图 11　单相排风扇、转页扇、油烟机及其他常用家用微电机绕组布线接线图

本节所列包括运行型和起动型单相电动机绕组，除应用于排风扇、转页扇、油烟机之外，还收入鸿运扇、仪表扇等各种通风机所应用的单相电动机绕组。为便于读者应用，特作如下说明：

(1) 本节彩色布线图中，主绕组用黄色绘制，副绕组用绿色绘制，调速绕组用红色绘制。

(2) 主绕组用“M”(脚注“m”)表示，进线为U；副绕组用“A”(脚注“a”)表示，进线为V；调速绕组用“T”表示。

(3) 布线图主、副绕组的尾线已在内部连接并引出公共线G；调速绕组另引出档位线“1”(快速)、“2”(中速)、“3”(慢速)。调速控制接线原理参考各例彩图的图(b)。

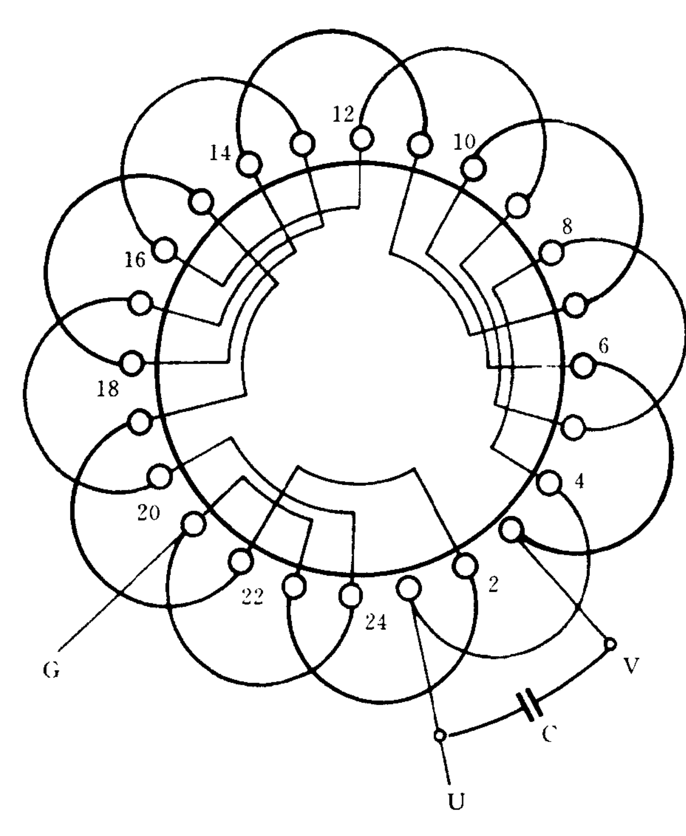
(4) 本节扇类电动机主要属运行型绕组的单相电容电动机，电容器并接于图中U　V之间已画出；起动型绕组因有两种形式，彩图中未画出，仅用局部虚线表示，若是分相起动可在虚线间接入起动开关；如是电容起动则再加串入起动电容器。

(5)因单相绕组重绕计算一般不涉及副绕组系数，故图例中主要参数仅列出主绕组系数。

(6) 本节单相电动机除个别图例说明外，均按顺时转向设计。如需反转必须内部改接，即解开主、副绕组尾线连结点，将主绕组调头连接。

本节图例还收入其他小型单相电动机的常用绕组型式，可供读者修理时参考。

11-1 六极24槽单相电动机单层链式绕组



彩图 11-1 六极24槽单相电动机单层链式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=6$
总线圈数	$Q-12$	线圈组数	$u-12$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=2$
绕组极距	$\tau-4$	线圈节距	Y 3
绕组系数	$K_{dpm}-0.924$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图11-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极式布线，且主、副绕组占槽相等，均由8只等距线圈组成，同相相邻线圈间极性相反，故线圈间连接是"尾与尾"或"头与头"相接。此绕组属全距绕组，但线圈的实际节距小于极距，即线圈端部较短，从而用线较省，是24槽六极电动机中较好的绕组型式。常用于400～500mm的排风扇、通风机等电容运转电动机。

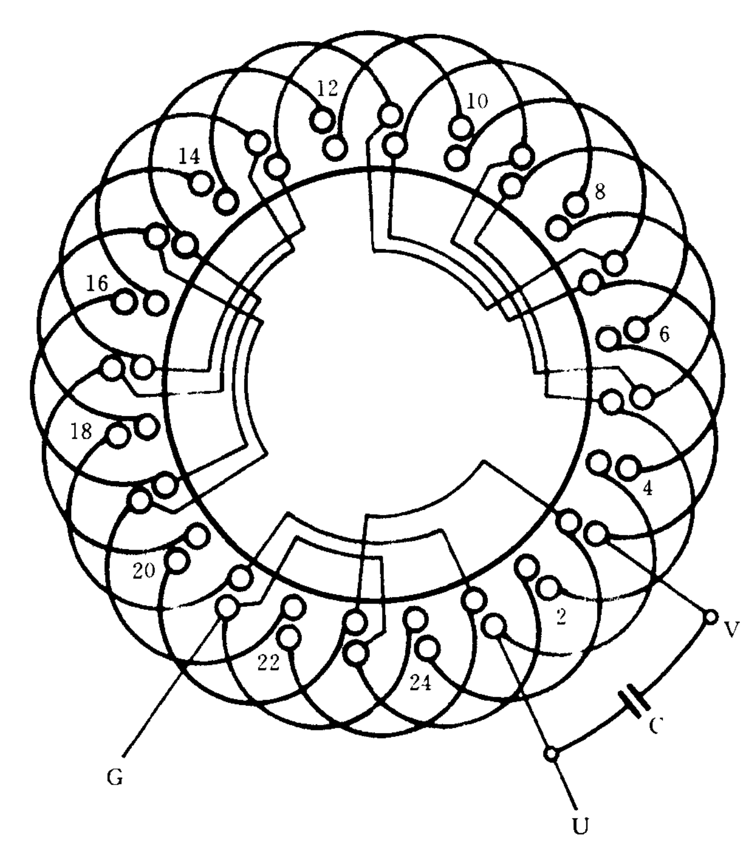
4. 绕组嵌线工艺要点

此绕组每组为单圈，且24槽定子内腔较大，嵌线比较容易，为了缩短工艺流程，可将线圈分主、副两组连绕，每组6只线圈，可避免接线的麻烦，又可提高质量和可靠性，但嵌线时要注意相邻线圈极性相反。嵌线时主、副绕组分层整嵌，即先将主绕组嵌入相应槽中，衬垫并处理好绝缘后再将副绕组嵌入相应槽内，使先嵌线圈形成下层面，后嵌的副绕组在其上面，从而构成双平面绕组。嵌线的顺序可参照附表11-1。

附表 11-1　　整　嵌　法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
下平面槽号	21	24	17	20	13	16	9	12	5	8	1	4
嵌绕次序	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
上平面槽号	23	2	19	22	15	18	11	14	7	10	3	6

11-2　六极 24 槽单相电动机双层叠式绕组



彩图 11-2　六极 24 槽单相电动机双层叠式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=6$
总线圈数	$Q=24$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=2$
绕组极距	$\tau=4$	线圈节距	$Y=3$
绕组系数	$K_{dpm}=0.76$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为运行型单相电动机绕组方案，两绕组占槽比相同，即 $Q_m/Q_a=1$，各占 12 槽；每组由两只线圈交叠而成，每相 6 组按相邻反极性串联构成。线圈节距较极距短 1/4 槽，绕组系数较低，但能有效地削减三次谐波而获得良好的电气性能，虽然线圈节距短，六极电机的嵌线不致困难，但总线圈数多，嵌线耗费工时，故重绕时宜改为单层绕组或单双层混合式绕组。

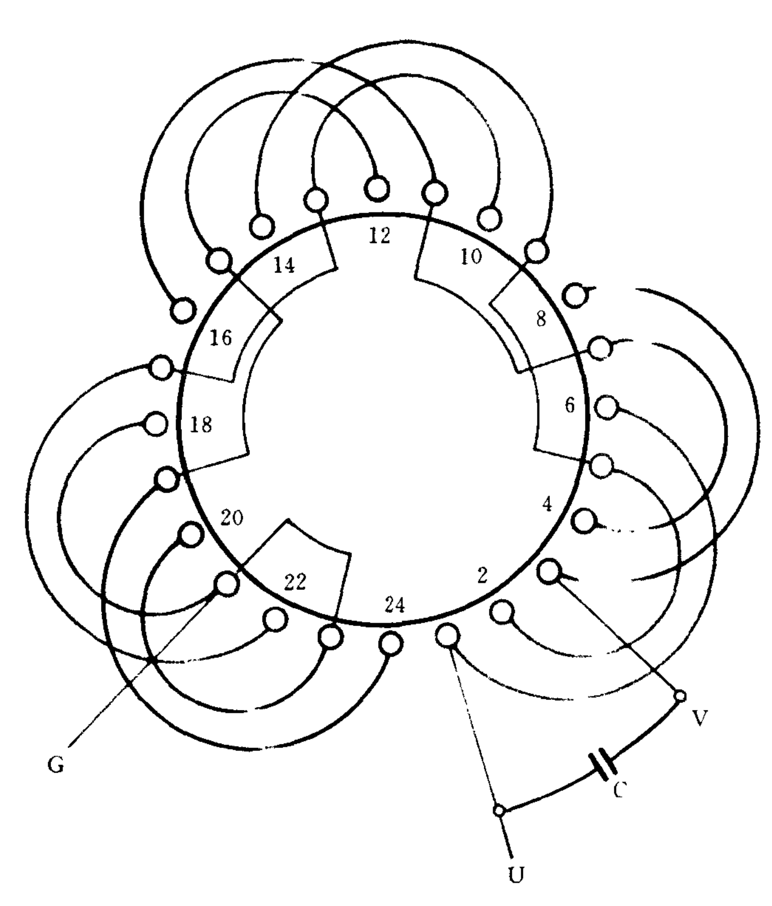
4. 绕组嵌线工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，先嵌一槽下层边，暂时吊起上层边，后退一槽再嵌入第 2 只线圈下层边，吊起上层边，嵌线至第 4 个线圈后可整嵌，即吊边数为 4，循此嵌一槽退一槽，当下层边全部嵌入后，再将原来的吊边嵌入相应槽的上层。由于槽中有不同相的线圈边，上下层间必须加垫层间绝缘；同时嵌线时要区分主、副绕组，逐组交替嵌入。嵌线顺序见附表 11-2。

附表 11-2　　　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	24	23	22	21		20		19		18		17		16		15
	上层					24		23		22		21		20		19	
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
嵌入槽号	下层		14		13		12		11		10		9		8		7
	上层	18		17		16		15		14		13		12		11	
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
嵌入槽号	下层		6		5		4		3		2		1				
	上层	10		9		8		7		6		5		4	3	2	1

11-3　六极 24 槽单相电动机单层庶极同心式绕组



彩图 11-3　六极 24 槽单相电动机单层庶极同心式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=6$

总线圈数　$Q=12$　　线圈组数　$u=6$

每组圈数　$S=2$　　极相槽数　$q=2$

绕组极距　$\tau=4$　　线圈节距　$Y=3$、5

绕组系数　$K_{dpm}=0.928$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用庶极式布线，每相六极仅用 3 组同心式线圈，主、副绕组构成交叠形分组。同相相邻组间连接要求极性相同，即“尾与头”相接。由于每相线圈组数少，重绕时宜采用一相连绕工艺以免去组间接线的麻烦。此型式绕组结构比较特殊，主要用于单相排风扇的电容运转电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用一相连绕，绕线时组间过线预留要适当，不要过长或过短，嵌线时要注意庶极绕组的特性，不要把线圈组反嵌，使所有线圈组的极性都相同。嵌线可用两种方法：

(1) 分相整嵌。先嵌主绕组，后嵌副绕组，使主、副绕组分置于上、下两布线平面上。嵌线顺序见附表 11-3a。

(2) 分组整嵌。以每一主、副线圈组为一组，分 3 组嵌入，完成后仍可形成双平面布线。嵌线顺序见附表 11-3b。

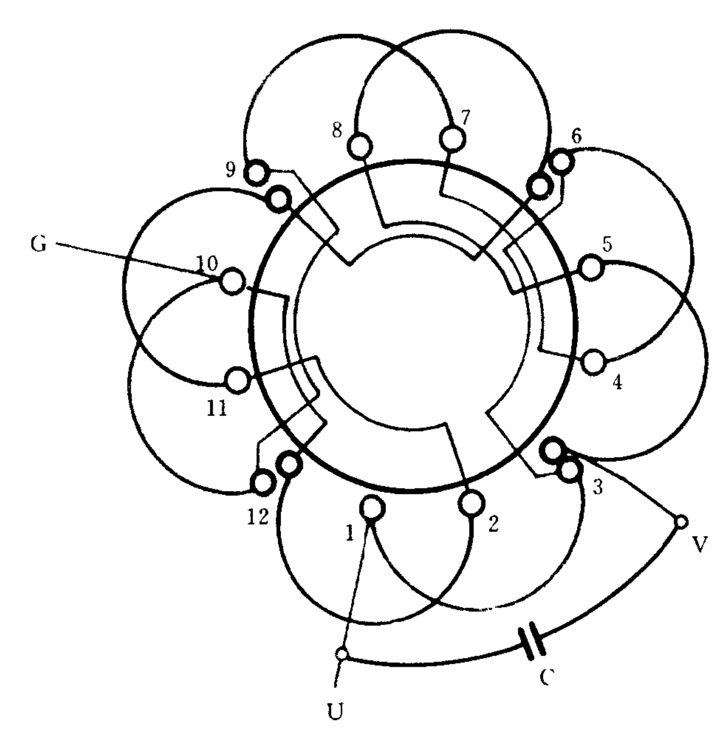
附表 11-3a　　**分相整嵌法**

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
下平面槽号	18	21	17	22	10	13	9	14	2	5	1	6
嵌绕次序	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
上平面槽号	20	23	19	24	12	15	11	16	4	7	3	8

附表 11-3b　　**分组整嵌法**

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
嵌入槽号	下平面	18	21	17	22					10	13	9	14					2	5	1	6				
	上平面					20	23	19	24					12	15	11	16					4	7	3	8

11-4　四极 12 槽单相电动机单双层混合式绕组



彩图 11-4　四极 12 槽单相电动机单双层混合式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=12$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=8$　　线圈组数　$u=8$

每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=1\frac{1}{2}$

绕组极距　$\tau=3$　　线圈节距　$Y=2$

绕组系数　$K_{dpm}=0.91$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-4。

3. 绕组结构及布线特点

本例绕组属特殊型式布线，它的每组线圈占槽数为分数，即无整数槽的单层线圈，每只线圈两有效边均分别嵌于单层和双层槽中。此绕组设计用于运行型的二相电动机，为使主、副绕组占槽相等，在 12 槽中安排 8 只线圈，故必有 4 槽安排双层布线，为此将铁心设计成方圆形，并将四角处留圆弧以增加轭高，再设计成大截面积的异形槽，如彩图 11-1 中的 3、6、9、12 号槽，使其嵌入双层线圈边，这样可使单层槽和双层槽的槽满率相近，铁心也能得到充分利用。此外，绕组采用短节距线圈，不但嵌线方便，用料也节省，而且可有效地削弱高次谐波影响而优于 16 槽定子绕组的性能。本绕组是一种较新颖的绕组型式，原见于国外产品，而近年在国内家用电器如抽油烟机、小型排风扇、换气扇等均已应用。

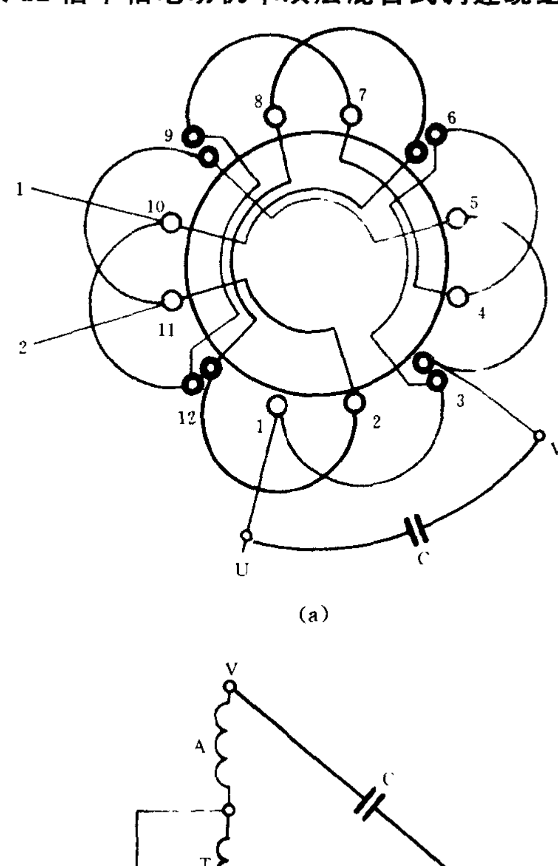
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组每相仅 4 只线圈，最宜采用连绕工艺，嵌线时先嵌主绕组，后嵌副绕组，最后形成双平面结构。嵌线顺序见附表 11-4。

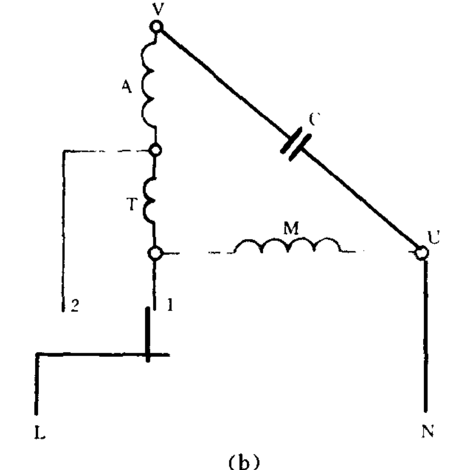
附表 11-4　　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	10	12	7	9	4	6	1	3								
	上平面									12	2	9	11	6	8	3	5

11-5 四极 12 槽单相电动机单双层混合式调速绕组



(a)



(b)

彩图 11-5 四极 12 槽单相电动机单双层混合式调速绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) 调速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=12$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=8$　　线圈组数 $u=8$

每组圈数 $S=1$　　极相槽数 $q=1\frac{1}{2}$

绕组极距 $\tau=3$　　线圈节距 $Y=2$

绕组系数 $K_{dpm}=0.91$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-5。

3. 绕组布线接线特点

本例绕组定子铁心采用方圆形，四角位置的线槽截面积约为其余槽的2倍，故可以安排线圈两个有效边如彩图 11-5 中槽 3、6、9、12。本绕组实属抽头调速风扇绕组，主绕组由 4 个线圈按显极布线，使相邻线圈的极性相反，从而形成 4 极。副绕组通过电容器接入电源，两只副绕组线圈安排在相对位置，呈庶极式布线，并用同极性串联形成四极；调速绕组也用两只绕圈，安排与副绕组同相，也是庶极接线，但其极性与相邻副绕组相反（“1”档快速计）；调速绕组与副绕组串联如彩图 11-5（b）所示，调速绕组与主绕组连结点抽头为“1”（快速档），调速绕组与副绕组连结点抽头为“2”（慢速档），调速则通过换档开关进行。

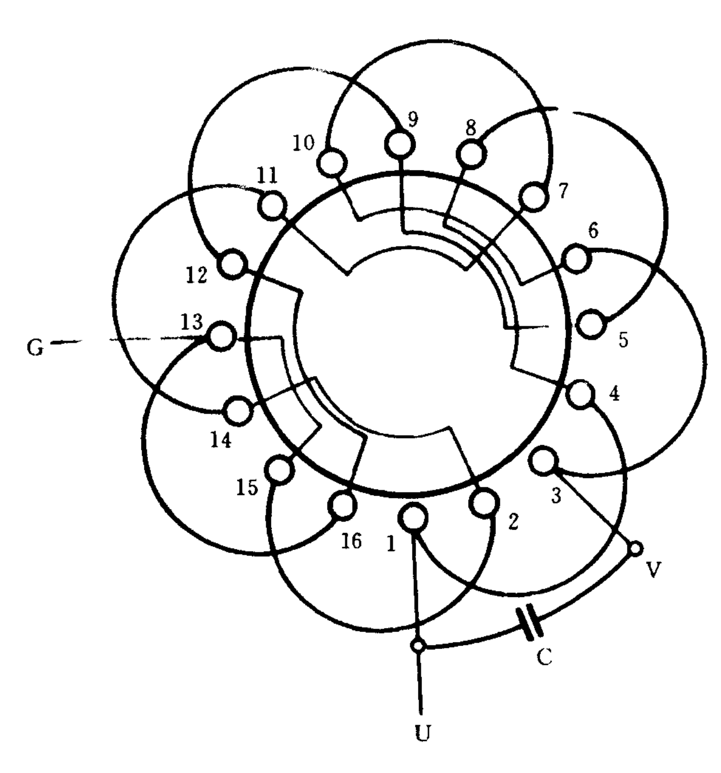
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组有三种规格的线圈，绕线和嵌线时要注意区分。嵌线常用分层法，即先将主绕组嵌入相应槽内，再将副绕组嵌入，最后才嵌调速绕组。嵌线顺序见附表 11-5。

附表 11-5　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	10	12	7	9	4	6	1	3								
	上平面									9	11	3	5	12	2	6	8

11 6　四极 16 槽单相电动机单层链式绕组



彩图 11-6　四极 16 槽单相电动机单层链式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=16$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q-8$　　线圈组数　$u-8$

每组圈数　$S=1$　　极相槽数　$q=2$

绕组极距　$\tau=4$　　线圈节距　$Y=3$

绕组系数　$K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是等节距显极布线，线圈节距小于极距，较省铜线。主、副绕组占槽比相等，各由 4 只线圈构成，同相相邻线圈极性相反，即采用“尾接尾”或“头接头”的反向串联。为节省焊接工时，确保线圈连接质量，宜用连绕法分两相绕制线圈。此绕组适用于单相电容运转电动机，单速电风扇常用此绕组，如需调速则要外串调速电抗器，除此之外，一般无需调速的排风扇也常用此绕组。

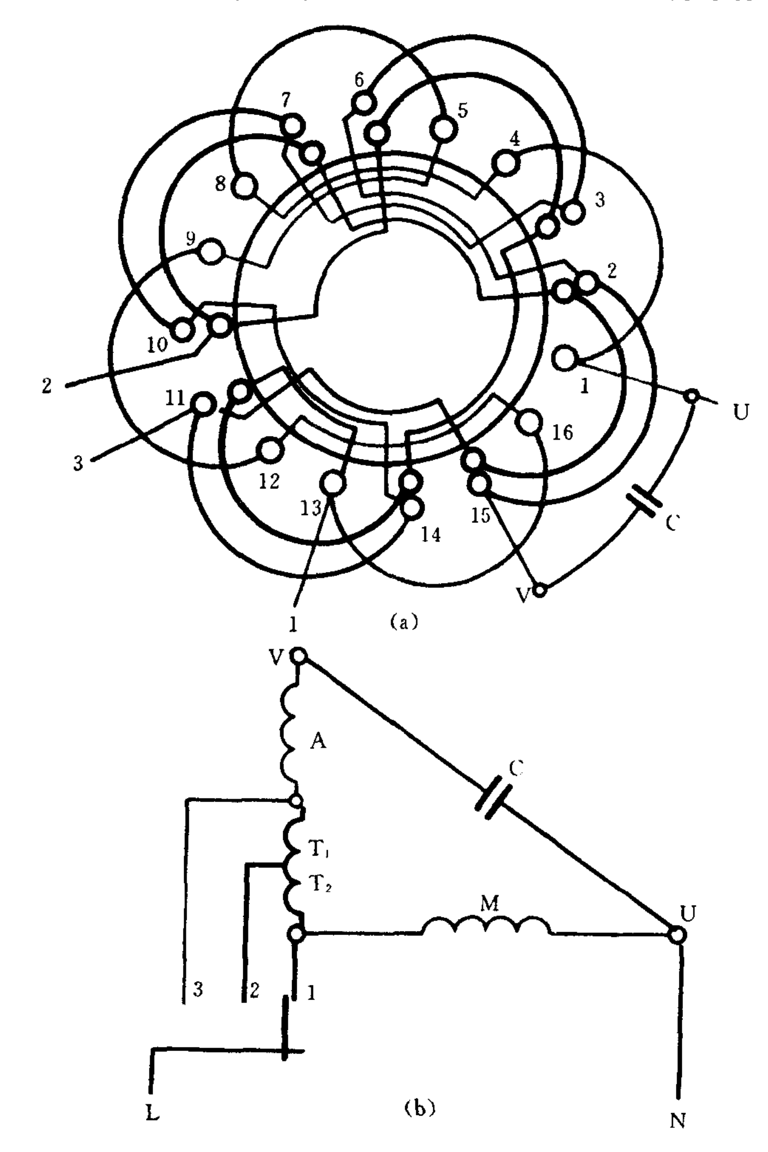
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先将主绕组线圈逐个嵌入相应槽内，完成后再把副绕组线圈嵌入，使主、副绕组分置于上、下两层面，成为双平面绕组。嵌线顺序见附表 11 6。

附表 11-6　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4								
	上平面									15	2	11	14	7	10	3	6

11-7 四极 16 槽单相电动机 L—2 型 4—4/2—4/2 调速绕组



彩图 11-7 四极 16 槽单相电动机 L - 2 型 4 -4/2- 4/2 调速绕组

(a) 绕组布线接线图；(b) 调速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=16$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=12$　　线圈组数 $u=12$

每组圈数 $S=1$　　极相槽数 $q=2$

绕组极距 $\tau=4$　　线圈节距 $Y-3$

绕组系数 $K_{dpm}=0.924$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-7。

3. 绕组结构及布接线特点

此绕组是应用于调速转页扇的电动机，实属于抽头调速风扇类。绕组由三套绕组构成，其中主绕组有 4 只单层线圈组成显极绕组；副绕组则由 4 只占½槽的线圈组成，接线与主绕组相同；调速绕组也是 4 只半槽线圈，且与副绕组同相位（同槽）安排，高速（“1”）档时线圈的电流方向与副绕组相同，但调速时达到平衡切换，将同极性的两只线圈顺时针串联成组，两组反极性串联，中间抽头为中速（“2”）档，三绕组的接线原理如彩图 11-7(b)所示。此绕组设计用于转页扇，故其转向是反时针转向。绕组线圈较多，嵌线和接线工艺较繁，但谐波干扰少，目前除转页扇外还应用于换气扇。

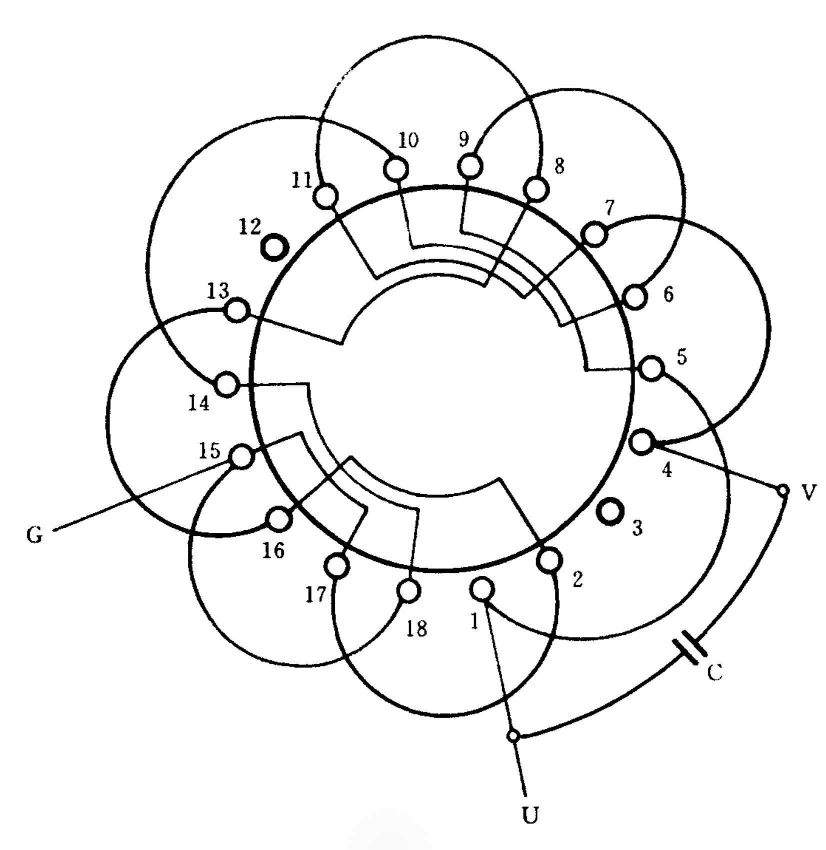
4. 绕组嵌绕工艺要点

因每套绕组仅 4 只线圈，故宜采用连绕工艺，但要注意将不同参数的线圈组区分；另外嵌线时要注意线圈极性，特别是调速绕组要相对嵌入。嵌线时先嵌主绕组再嵌副绕组，最后嵌入调速绕组，形成三平面绕组。嵌线顺序见附表 11-7。

附表 11 7　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	13	16	9	12	5	8	1	4				
	中平面									11	14	7	10
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	中平面	3	6	15	2								
	上平面					11	14	3	6	7	10	15	2

11-8 四极 18 槽单相电动机单层链式绕组



彩图 11-8 四极 18 槽单相电动机单层链式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=18$　　电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=8$　　线圈组数 $u=8$

每组圈数 $S=1$　　极相槽数 $q=2$

绕组极距 $\tau=4\frac{1}{2}$　　线圈节距 $Y=3$、4

绕组系数 $K_{dpm}=0.94$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-8。

3. 绕组结构及布接线特点

四极电机在 18 槽定子中一般只能安排 8 只线圈，占 16 槽，故布线时只能将两槽空置不嵌线圈，但这时则会造成对称的 2 只主绕组线圈多跨 1 槽，使主绕组由 2 只 $Y=4$ 和 2 只 $Y=3$ 的线圈组成。主、副绕组的接线与一般显极绕组相同，各自采用反接串联接线，即同相相邻线圈是"尾与尾"或"头与头"相接。此绕组实际应用不多。

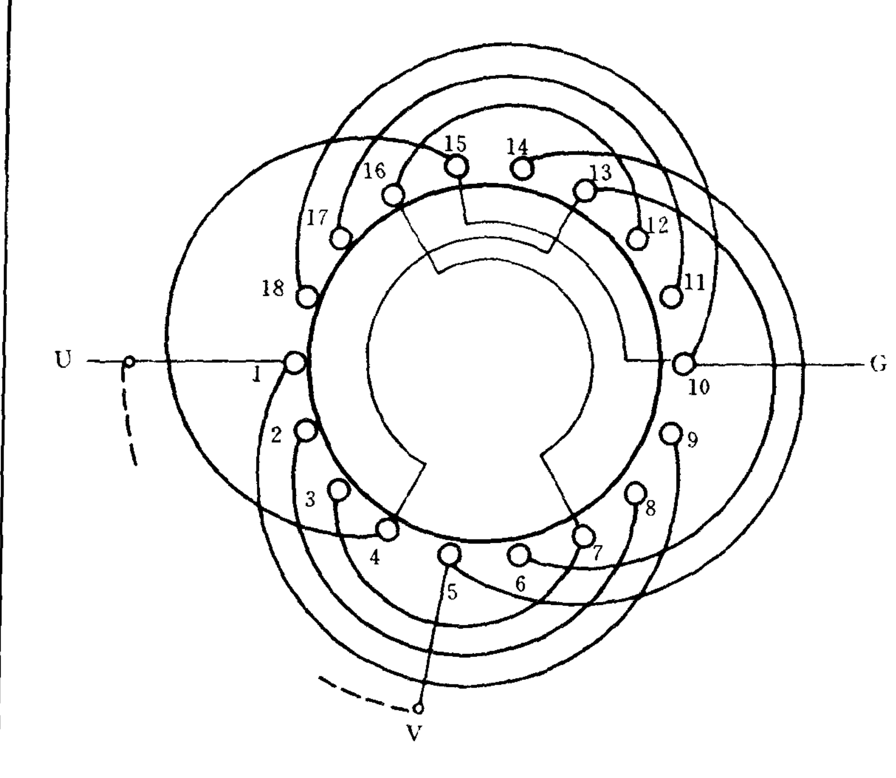
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组的线圈数较少，适宜采用连绕工艺绕制线圈，但主绕组绕制时要注意两种节距线圈的交替进行。嵌线时先嵌主绕组，衬垫绝缘后再嵌入副绕组，使主、副绕组的端部形成双平面层次。嵌线顺序见附表 11-8。

附表 11-8　　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	15	18	10	14	6	9	1	5								
	上平面									17	2	13	16	8	11	4	7

11-9　四极 18 槽单相电动机单层同心交叉式绕组



彩图 11-9　四极 18 槽单相电动机单层同心交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=18$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=9$　　线圈组数　$u=4$

每组圈数　$S\neq$[1]　　极相槽数　$q=2\frac{1}{4}$

绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$

绕组系数　$K_{dpm}=0.679$

---

❶　“$S\neq$”表示每组线圈数不相等，主、副绕组具体圈数可看结构特点，下同。

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-9。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组采用显极式布线，主、副绕组占槽比为 2∶1，主绕组每极占 6 槽，两线圈组均由 3 只同心线圈组成；副绕组每极占 3 槽，总共只有 3 只线圈，每组线圈数为分数，故只能将½圈归并后按同心交叉式分布安排。主、副绕组的接线均为同相相邻的线圈组极性相反，即“尾与尾”相接。此方案适用于起动型单相电动机，如用于分相起动则虚线串入起动开关；若是电容起动，除起动开关外还要加串起动电容器。另外，为提高电动机的起动和运行性能，重绕修理时，不妨将主绕组的等匝线圈改为正弦分布的线圈组，这时，其分布规律见附表 11-9a。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整圈分层嵌线，先嵌主绕组，后嵌副绕组，使两绕组的线圈端部分置于上下两平面上；在一组同心线圈中则先嵌入小节距线圈，逐级嵌入大线圈。嵌线顺序见附表 11-9b。

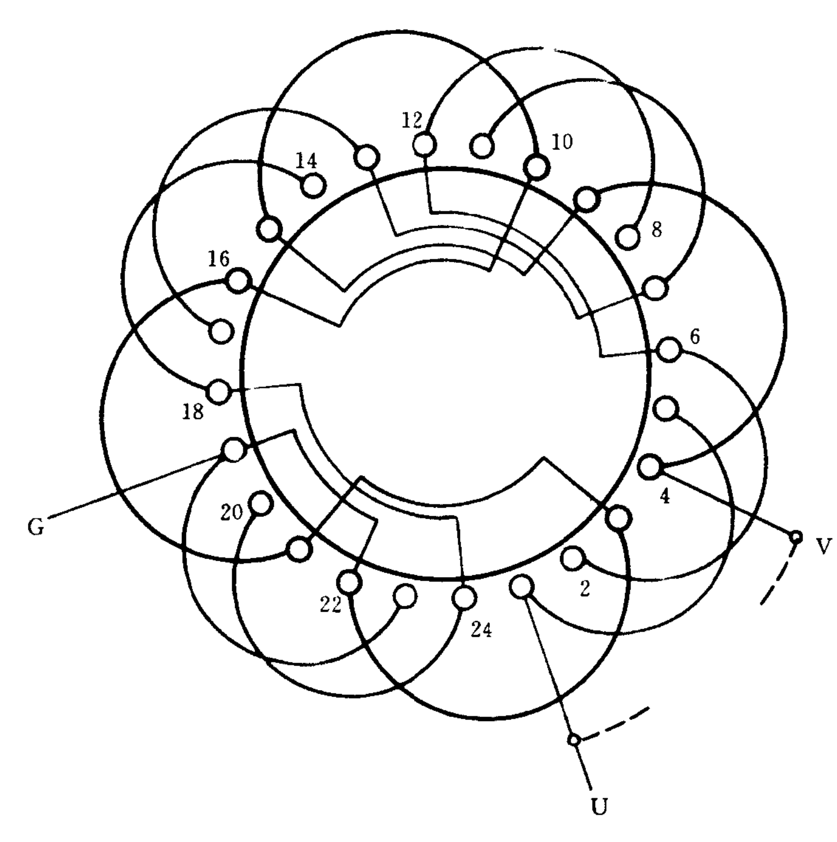
附表 11-9a　主绕组正弦布线方案及每极匝比 K_u（%）

布线类型	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
3B	1　9	50	0.766
	2　8	36.6	
	3　7	13.4	

附表 11-9b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	3	7	2	8	1	9	12	16	11	17	10	18						
	上平面													6	13	5	14	15	4

11-10　四极 24 槽单相电动机单层短距绕组



彩图 11-10　四极 24 槽单相电动机单层短距绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q-12$	线圈组数	$u=8$
每组圈数	$S\neq$	极相槽数	$q\neq$
绕组极距	$\tau=6$	线圈节距	$Y-4$、5
绕组系数	$K_{dpm}-0.837$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11 10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极布线，同相组间连接是反接串联，即“尾与尾”或“头与头”相接，使同相相邻两线圈组极性相反。主、副绕组每组线圈数不相等，实质属于交叉式布线，而且主、副绕组节距也不等，即主绕组每组由 $Y_m=4$ 的交叠双圈组成；副绕组则由 Y_a-5 的单圈组成，但接线形式相同。此绕组常用于起动型电动机，若是电容起动式，可在彩图 11-10 中虚线处串入起动电容器和起动开关；若是分相起动则串入起动开关即可。

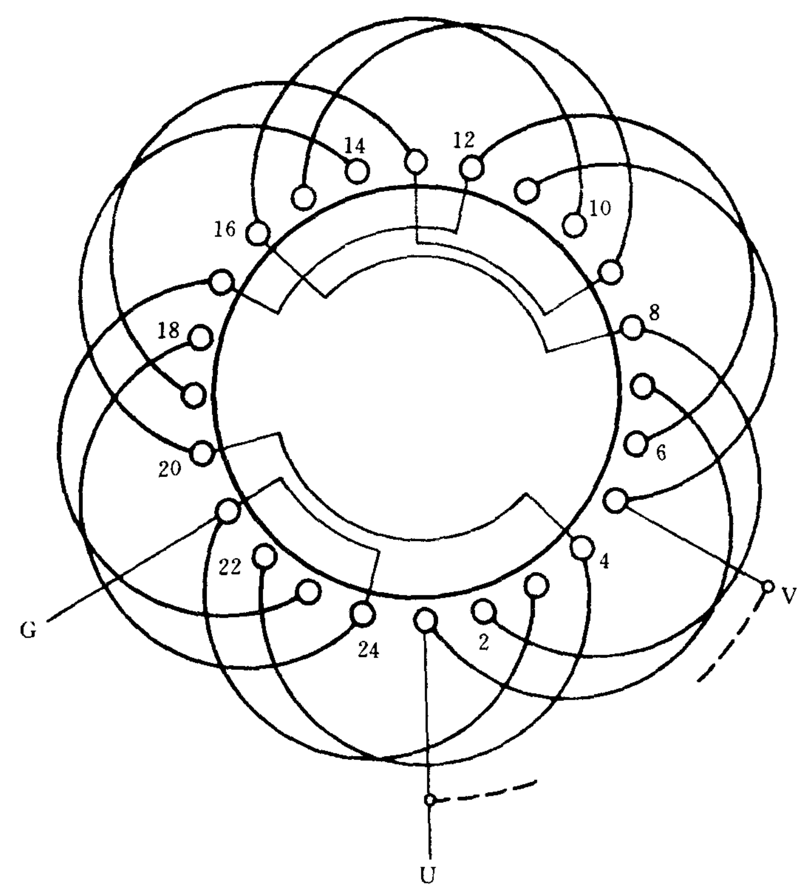
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用整嵌法，先将主绕组嵌入相应槽内成为下层平面，处理好绝缘后再把副绕组嵌入，成为上层平面。嵌线顺序见附表 11-10。

附表 11-10　　整　嵌　法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
下平面槽号	20	24	19	23	14	18	13	17	8	12	7	11
嵌绕次序	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
下平面槽号	2	6	1	5								
上平面槽号					22	3	16	21	10	15	4	9

11-11　四极 24 槽单相电动机单层等距绕组



彩图 11-11　四极 24 槽单相电动机单层等距绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　　电机极数　$2p=4$

总线圈数　$Q=12$　　线圈组数　$u=6$

每组圈数　$S=2$　　极相槽数　$q=3$

绕组极距　$\tau=6$　　线圈节距　$Y=7$

绕组系数　$K_{dpm}=0.837$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-11。

3. 绕组结构及布接线特点

24 槽 4 极绕成交叠式通常采用不等距布线，如上例，而本例则用等距线圈，故属特殊型式的安排。此绕组主、副绕组占槽比为 2，即主绕组每极占 4 槽，副绕组每极占 2 槽，但每组线圈数均为 2，而主、副绕组布线型式不同，主绕组用 4 组线圈以显极布线，组间连接是反向串联；副绕组仅有两组线圈，是庶极布线对称安排，两组极性相同，故用顺接串接构成 4 极。此绕组的全部线圈等节距，但线圈节距较上例增长一槽，使整机的用铜量增加。由于线圈数少，可用同规格线模绕制，嵌绕都比较方便。目前国内外单相排风扇有应用。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可用两种嵌线方法：

(1) 交叠嵌线。嵌线时按嵌 2 槽，退空 2 槽再嵌 2 槽的规律嵌线，嵌线吊边数为 2，但要注意两种参数不同的线圈与相应槽位。嵌线顺序见附表 11-11a。

(2) 分层嵌线。嵌线时先嵌主绕组再嵌副绕组，虽然主绕组线圈仍呈交叠状，但主、副绕组之间的层次依然分明。嵌线无需吊边，嵌线顺序见附表 11-11b。

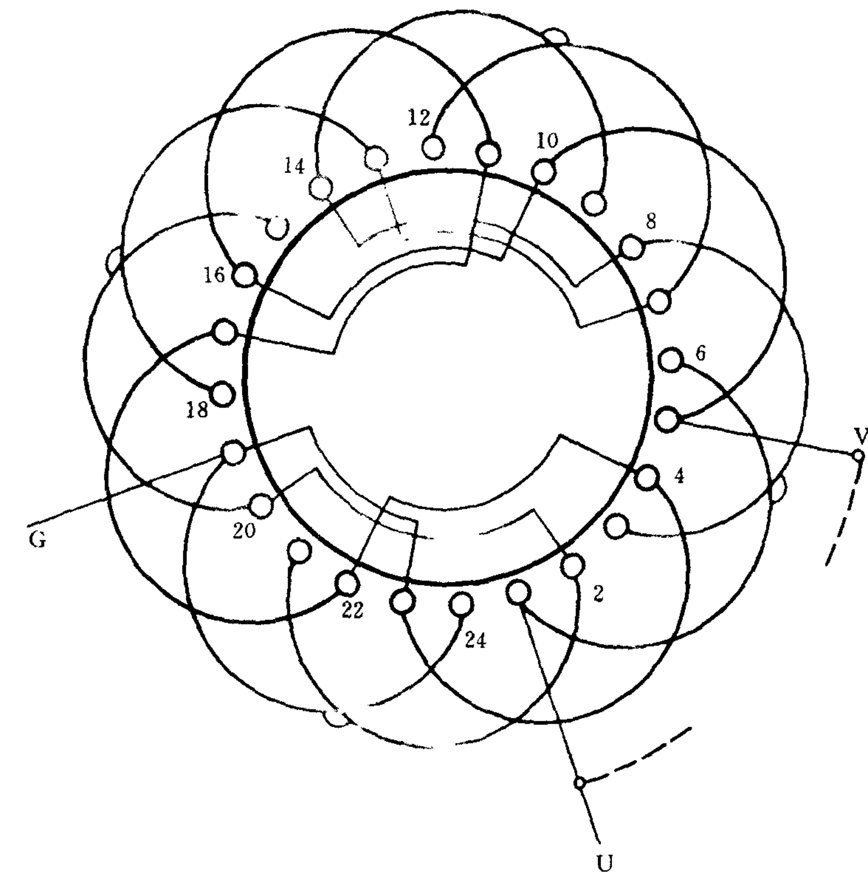
附表 11-11a　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边	22	21	18		17		14		13		10		9		6		5		2		1			
	浮边				24		23		20		19		16		15		12		11		8		7	4	3

附表 11-11b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	22	4	21	3	14	20	13	19	10	16	9	15	2	8	1	7								
	上平面																	18	24	17	23	6	12	5	11

11-12 四极 24 槽单相电动机单层交叠链式绕组



彩图 11-12 四极 24 槽单相电动机单层交叠链式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=8$
每组圈数	$S\neq$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=6$	线圈节距	$Y=5$
绕组系数	$K_{dpm}=0.837$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为特殊型式的单层绕组。它类似于单层链式绕组，但一般单链的每组只有 1 只线圈，故 24 槽定子不能排出 4 极单链，而本例将副绕组按正规单链布线，将余下的 16 槽安排两套相邻的单链绕组、并把隔槽相邻的两只主绕组线圈连接成为一组，从而使主绕组成为每组 2 只线圈不连续分布的特殊型式。从整个绕组布线图看，它相当于把主绕组奇数编号的线圈和偶数编号线圈分别组成两套单链绕组交叉重叠在一起，因而称为“交叠链式”。

这种绕组全部线圈为单层布线，线圈数较双层少一半，且线圈采用节距较短的等距线圈，不但节省铜线，而且嵌绕省时方便，但绕组系数较低。目前国内极为罕见。此型式资料取自国外介绍，主要应用于分相起动电动机，起动开关可直接串入彩图 11-12 中虚线部分。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌线可采用两种方法：

(1) 交叠法嵌线。嵌线规律是：嵌 1 槽，退空 1 槽再嵌 1 槽。嵌线完成后，绕组端部呈整齐交叠状，整形方便、美观，但主、副绕组没有层次，需加强绝缘。嵌线顺序见附表 11-12a。

(2) 分层法嵌线。嵌线时先将主绕组线圈整嵌，完成后衬垫绝缘，再把副绕组嵌入相应槽内，使主、副绕组分处于上下两平面。此嵌法无需吊边，两绕组层次还分明，但主绕组端部仍有重叠。嵌线顺序见附表 11-12b。

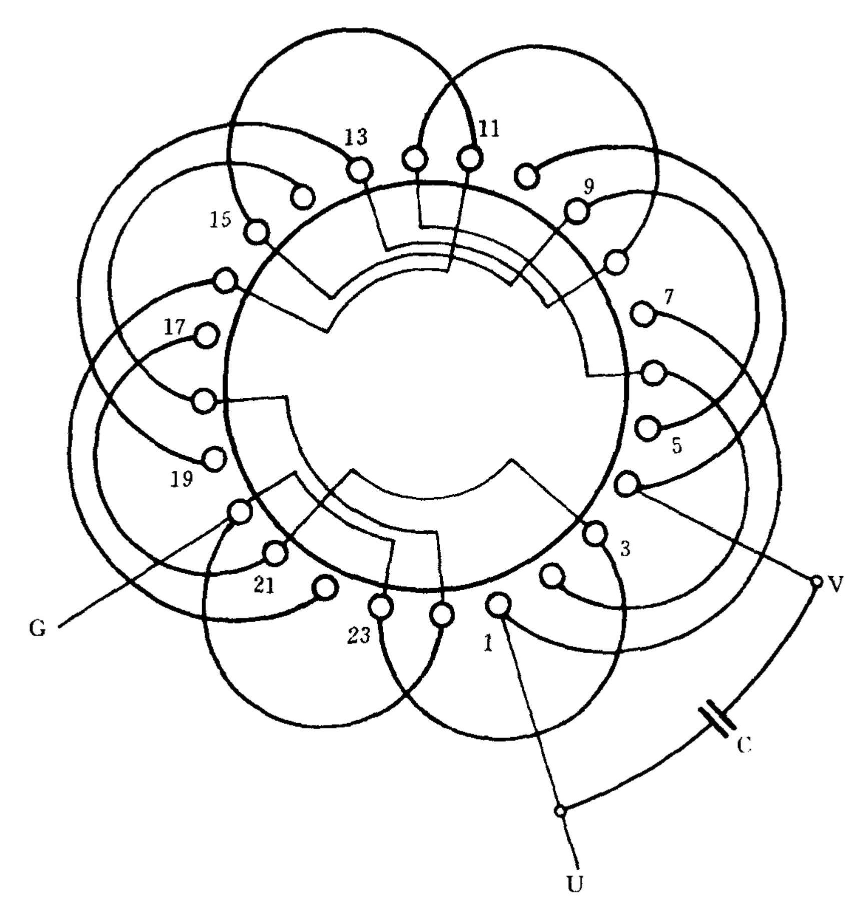
附表 11-12a　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	沉边	21	19	17		15		13		11		9	
	浮边				22		20		18		16		14
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边	7		5		3		1		23			
	浮边		12		10		8		6		4	2	24

附表 11-12b　　分　层　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	21	2	19	24	15	20	13	18	9	14	7	12
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下平面	3	8	1	6								
	上平面					23	4	17	22	11	16	5	10

11-13 四极 24 槽单相电动机单层同心交叉式绕组



彩图 11-13 四极 24 槽单相电动机单层同心交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=4$

总线圈数 $Q=12$ 线圈组数 $u=8$

每组圈数 $S=1\frac{1}{2}$ 极相槽数 $q=3$

绕组极距 $\tau=6$ 线圈节距 Y 4、6

绕组系数 $K_{dpm}=0.91$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-13。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为显极式绕组，主、副绕组占槽相等，每极相均为 3 槽，每相绕组均有 6 个线圈，故每组线圈数 $S=1\frac{1}{2}$，将半圈归并后，每相为单双圈组轮换分布，而双圈组采用同心线圈可减少端部厚度，若用分层嵌线时更显得层次分明。绕组接线是反接串联，即同相相邻组间是“尾接尾”或“头接头”。此绕组属于两相绕组，主要应用于单相电容运转电动机。

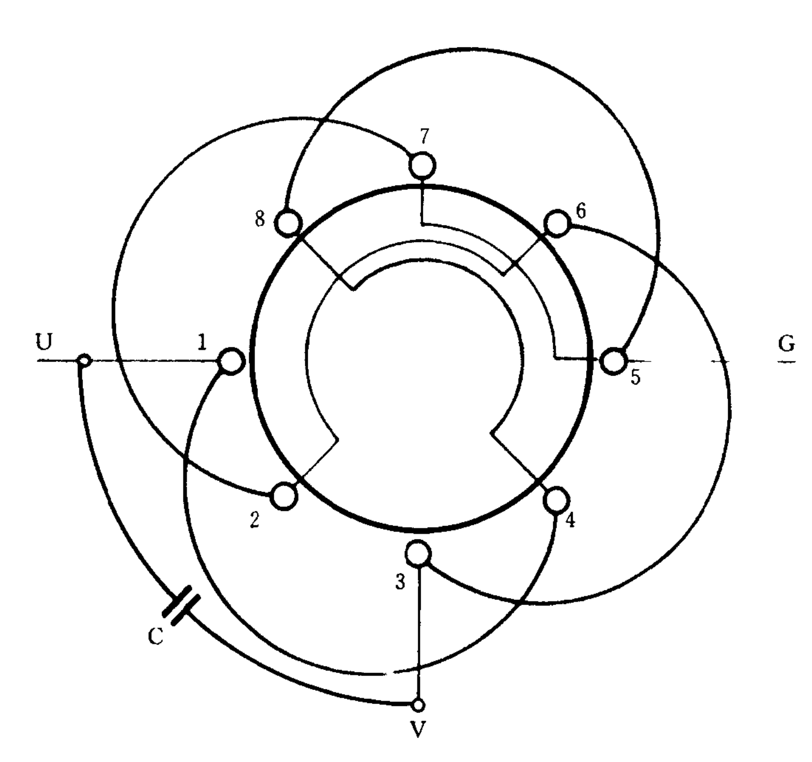
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用整圈分层嵌线，先嵌主绕组于下层平面，完成后衬垫好绝缘，再把副绕组嵌入相应槽内形成上层平面，同心线圈组的嵌线宜先嵌小节距线圈，后嵌大节距线圈。嵌线顺序见附表 11-13。

附表 11-13 整 嵌 法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
下平面槽号	20	24	14	18	13	19	8	12	2	6	1	7
嵌绕次序	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
上平面槽号	23	3	17	21	16	22	11	15	5	9	4	10

11-14　二极 8 槽单相电动机单层链式绕组



彩图 11-14　二极 8 槽单相电动机单层链式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=8$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=4$	线圈组数	$u=4$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=2$
绕组极距	$\tau=4$	线圈节距	$Y=3$
绕组系数	$K_{dpm}=0.924$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-14。

3. 绕组结构及布接线特点

此绕组仅有 4 只线圈，为显极式布线，每极相占槽数 $q=2$，主、副绕组线圈数相等，均由 2 只线圈组成，两线圈间的连接是反接串联，从而形成 2 极。此绕组仅用于定子铁心内腔很小的小功率单相电动机，但由于线圈数少，线圈节距相等并小于极距，故嵌线相对容易，通常采用同相连绕工艺，可省去接线工序的耗时，但嵌线时要注意极性。主要应用于小型仪表盘的 200mm 以下排风扇的单相电容电动机。

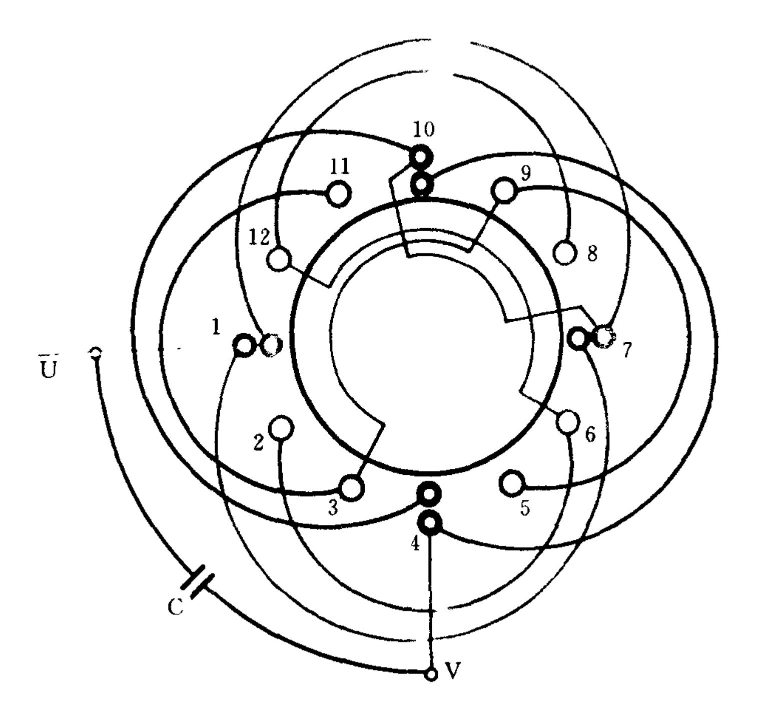
4. 绕组嵌线工艺要点

每相 2 只线圈连绕后逐相分层嵌线，先将主绕组 2 只线圈嵌入相应槽内，再嵌副绕组的 2 只线圈，使主、副绕组的线圈端部分别置于上、下两平面。嵌线顺序见附表 11-14。

附表 11-14　　　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8
槽号	下平面	1	4	5	8				
	上平面					3	6	7	2

11-15 二极 12 槽单相电动机单双层混合式绕组



彩图 11-15 二极 12 槽单相电动机单双层混合式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=12$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=8$	线圈组数	$u=4$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=6$	线圈节距	$Y=4$、6
绕组系数	$K_{dpm}=0.91$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-15。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极布线，极相占槽数为 3，每组设计为 2 只线圈则要用单双层安排线圈，即将大节距线圈安排双层。而该绕组为非正弦分布，其线圈为等匝线圈，这时双层槽所容纳的导线数将是单层槽的一倍，所以其定子铁心采用方圆形，四角处轭部较厚，设计成大截面积的线槽以容纳较多的匝数，如彩图 11-15 中 1、4、7、10 号槽所示。这种铁心设计和绕组型式配合比较合理，可以有效地缩小电动机的整体体积和重量，目前除应用于抽油烟机外，也应用于小型排风扇。

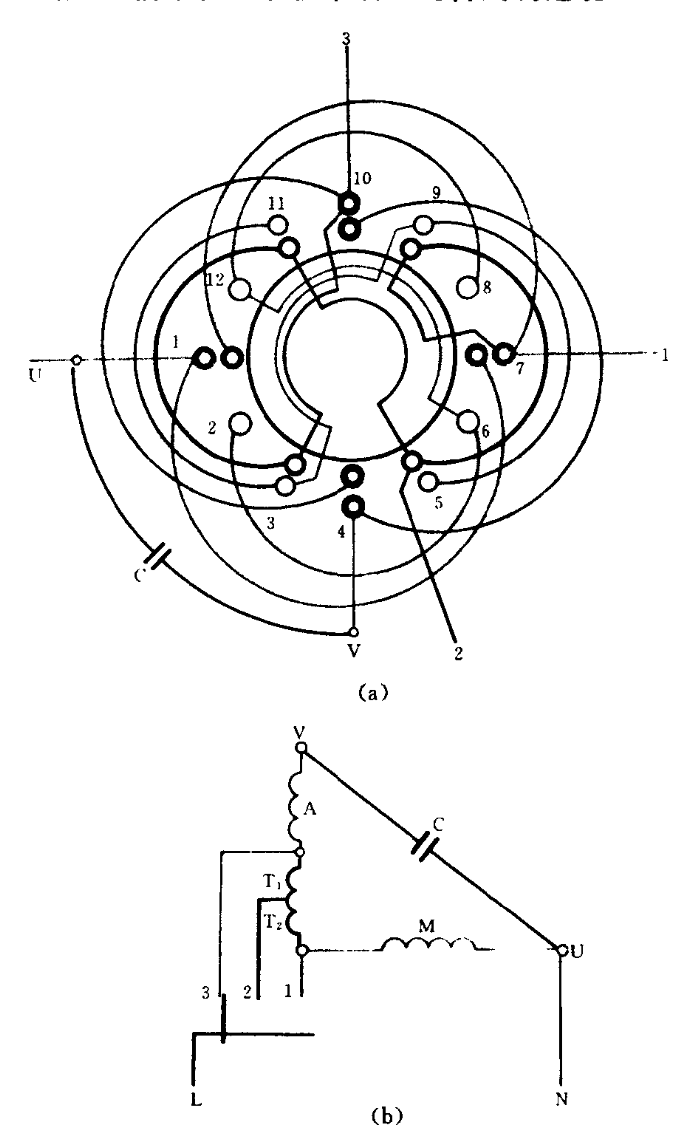
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组，后嵌副绕组。因绕组采用同心式布线，故在一组中宜先嵌小线圈，而大线圈为双层，可有两种布线：一种是整嵌布线，使双层大线圈两有效边分置于相同层次，即一个线圈两边均在下层，另一线圈两边均在上层；另一种如彩图 11-15 所示，采用交叠布线，使线圈两有效边分置在两槽的不同层次。两种嵌法的效果一样，主、副绕组嵌好后的端部均能形成双平面层次。嵌线顺序见附表 11-15。

附表 11-15 分层嵌线法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	2	6	1	8	12	7	1	7								
	上平面									5	9	4	11	3	10	4	10

11-16　二极 12 槽单相电动机单双层混合式调速绕组



彩图 11-16　二极 12 槽单相电动机单双层混合式调速绕组

(a) 绕组布线接线圈；(b) 调速控制接线原理

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=12$　　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=10$　　线圈组数　$u=6$

每组圈数　$S\neq$　　极相槽数　$q=3$

绕组极距　$\tau=6$　　线圈节距　$Y-4$、6

绕组系数　$K_{dpm}=0.91$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-16。

3. 绕组结构及布接线特点

12 槽定子绕制抽头调速绕组是近年出现的绕组型式，主、副绕组采用同心线圈布线，其中大线圈为双层，因系等匝线圈，故定子槽 1、4、7、10 设计成大截面积的异形槽。主、副绕组均为显极布线，故同相相邻线圈组为反接串联，即“尾与尾”相接。调速绕组安排与副绕组同相，即快速（“1”）档时与副绕组串联，且极性相同，2 只线圈也是反极性串联，但中间抽头为中速（“2”）档。因此，此绕组在调速时是属不平衡切换，但由于电机容量较小，实际使用中并无明显异状。调速控制接线原理如彩图 11-16 (b) 所示。

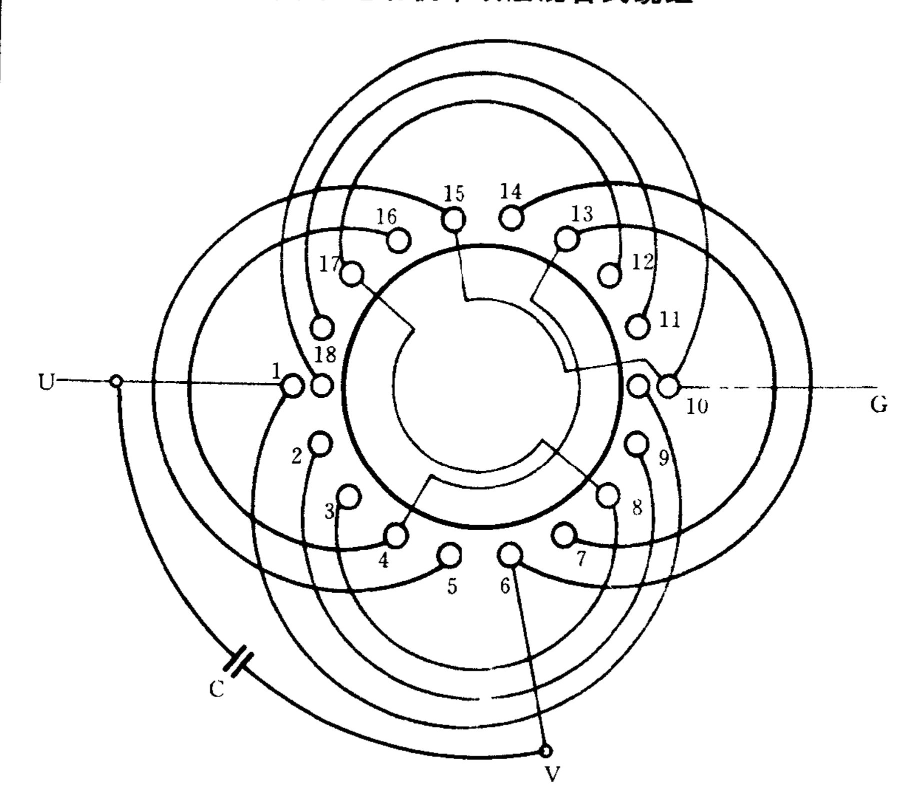
4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线采用分层嵌线，先嵌主绕组，完成后嵌副绕组，最后嵌调速绕组。三绕组之间必须衬垫绝缘。嵌好后将成为分置于三个平面的绕组。嵌线顺序见附表 11 16。

附表 11-16　　　　分 层 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	2	6	1	8	12	7	1	7												
	中平面									5	9	4	11	3	10	4	10				
	上平面																	5	9	11	3

11-17　二极 18 槽单相电动机单双层混合式绕组



彩图 11 17　二极 18 槽单相电动机单双层混合式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=10$	线圈组数	$u=4$
每组圈数	$S\neq$	极相槽数	$q=4\frac{1}{2}$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	见附表 a
绕组系数	$K_{dpm}=0.895$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-17。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是单双层显极式布线，主、副绕组均是同心线圈，主绕组为 3 圈组，副绕组是双圈组，但仅有主绕组的最大节距线圈采用双层布线，其匝数为每圈匝数的一半。绕组接线是反接串联，即同相相邻线圈组反极性连接。主、副绕组占槽比为 5：4，比较接近，故可用于起动型或运行型单相电动机，如用于起动型则电容器串入起动开关。

为改善电动机起动和运行性能，可将其改绕成正弦绕组。主、副绕组布线方案及每极线圈匝比见附表 11-17a。

4. 绕组嵌绕工艺要点

线圈绕制可用三联模连绕成组，如有条件也可整相连绕。嵌线则采用分层法，即先嵌主绕组，最大节距的线圈可以如彩图 11 17 交叠布线，也可整嵌布线，完成后再把副绕组嵌入相应槽内，每组嵌线则先嵌小线圈后嵌大线圈。绕组是显极布线，故同相组间反接串联，即“尾与尾”相接。嵌线顺序见附表 11 17b。

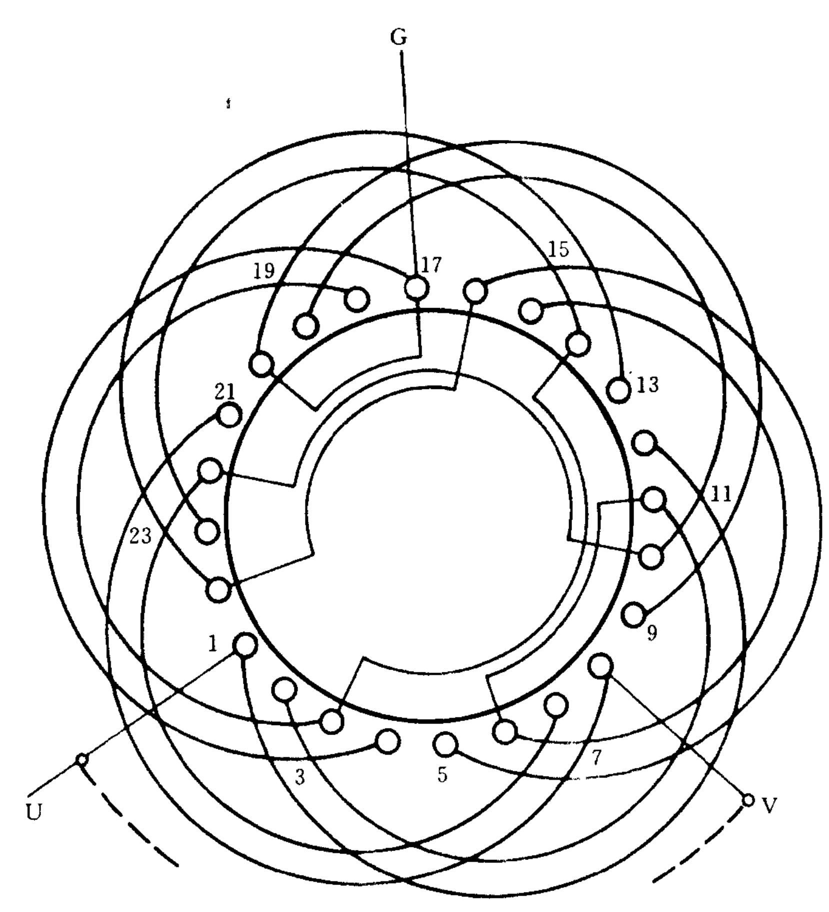
附表 11-17a　　正弦绕组方案

主绕组				副绕组			
布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u (%)	K_{dpa}
3A	1 10	22.7	0.893	2B	6 14	52.2	0.928
	2 9	42.6			7 13	47.8	
	3 8	34.7					

附表 11-17b　　分层法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下平面	3	8	2	9	1	12	17	11	18	10	1	10								
	上平面													7	13	6	14	16	4	15	5

11-18 二极 24 槽单相电动机单层同心式绕组



彩图 11-18 二极 24 槽单相电动机单层同心式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=12$　　线圈组数 $u=6$

每组圈数 $S=2$　　极相槽数 $q=6$

绕组极距 $\tau=12$　　线圈节距 $Y=9$、11

绕组系数 $K_{dpm}=0.83$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 11-18。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组是显极布线，主、副绕组占槽比为 2∶1，每组由同心双圈组成。副绕组是由两组线圈构成并按反向串联接线；主绕组则相当于两套副绕组并列，但分 4 组相互反极性连接，所以接线较繁，但线圈的平均节距仅为 10 槽，比极距短 2 槽，仍全距绕组。但由于主绕组的极带占 8 槽，故绕组系数较低。

此绕组用线材较省，而且能较方便地改为三相运行，属于单相、三相通用型式的特殊绕组，适用于起动型单相电动机，此资料取自于德国进口设备机电产品，目前国内尚未有应用。

4. 绕组嵌线工艺要点

此绕组可采用两种嵌法：

(1) 分层法。主、副绕组分层嵌线，先将主绕组交叠嵌入相应槽内，副绕组则嵌于面。嵌线顺序见附表 11-18a。

(2) 交叠法。嵌线规律是：嵌 2 槽，退空 2 槽，再嵌 2 槽空 2 槽，吊边数为 4。嵌线顺序见附表 11-18b。

附表 11-18a　　分　层　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	1	18	3	17	4	14	23	13	24	6	15
	上层												
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	5	16	11	12								
	上层					22	7	21	8	10	19	9	20

附表 11-18b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	沉边	2	1	22	21	18		17		14		13	
	浮边						3		4		23		24
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边	10		9		6		5					
	浮边		19		20		15		16	11	12	7	8

彩图 12　单相、民用电泵电动机绕组布线接线图

民用电泵系指非工业用的小型电动水泵，它包括使用于单相（220V）和三相（380V）电源的专用电动机，主要用于庭院浇花、农家浇灌以及建筑场地局部排水等辅助性工作。电泵的种类较多，除部分形成系列外，更多的是各厂家自行设计的非标产品。本节将收集的资料为素材，将其绘制成绕组布接线圈，供读者参考。为便于看图，特作说明如下：

（1）电泵用单相电动机主要采用起动型电动机，它包括分相起动电动机和电容起动电动机，也有个别采用罩极式电动机。

（2）单相电泵通常与电动机连体设计，引出线 3 根，其中 U_1 是主绕组相头，V_1 为副绕组相头，两尾端在机内连结公共点并引出线 G。使用时电源两极接到 U_1 和 G，V_1 则串入起动元件（起动开关及电容器）后并接到 U_1。

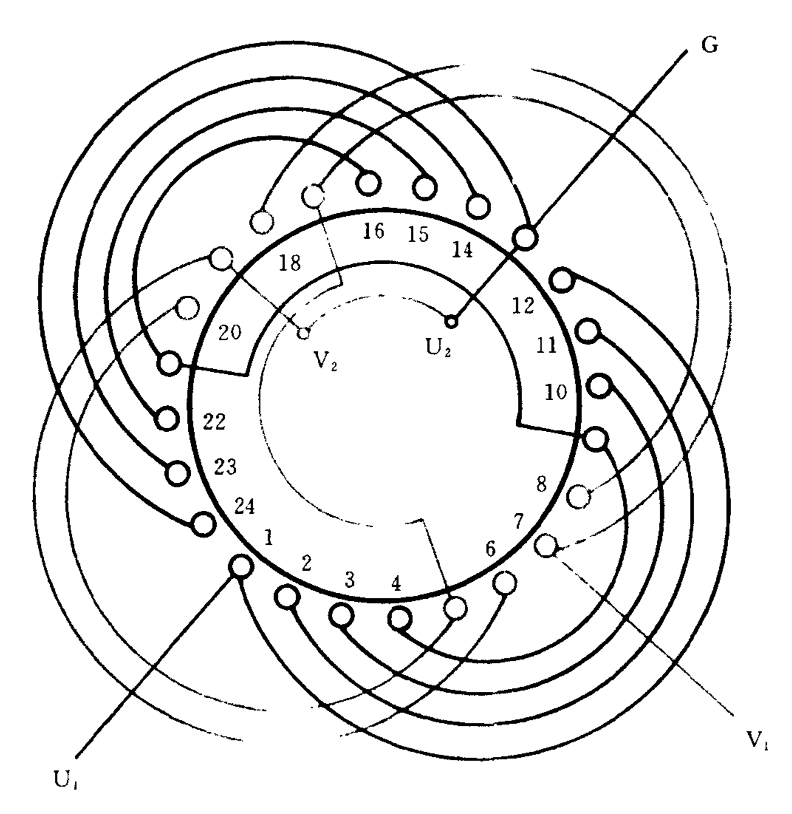
（3）单相电泵电动机采用正弦绕组，为识别不同绕组结构，特用分数形式表示，如 5/4　B 即表示主绕组每极 5 圈，副绕组每极 4 圈，均为 B 类（最大节距线圈等于 $\tau-1$）。

（4）单相电泵电动机重绕时应以原机数据为准，只有无据可查时才按各例中附表 a 的 K_u 值计算各线圈匝数。

（5）民用三相电泵采用 Y 形接法，星点内接，引出线 3 根。

（6）本节图例用彩色绘制，其中单相电动机主绕组为绿色，副绕组是黄色；三相电动机 U 相为黄色，V 相为绿色，W 相为红色。

12-1 单相电泵二极 24 槽 4/2—B 正弦绕组



彩图 12-1 单相电泵二极 24 槽 4/2 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=12$　　线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=4$

副相组数 $u_a=2$　　副相每组 $S_a=2$

极相槽数 $q=6$　　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-1a。

附表 12-1a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
4B	1—12	29.9	0.855	2B	7 18	51.8
	2 11	27.8			8- 17	48.2
	3 10	21.0				
	4 9	18.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12 1。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组均采用 B 类缺圈正弦绕组布线方案，副绕组缺圈数为 4，但全部线圈为单层，主、副绕组占槽比为 2：1，即主绕组每极 4 圈，副绕组仅为 2 圈，采用显极式布线，同相组间极性相反。此绕组全部为单层布线，线圈数较少，故嵌绕比较方便。主绕组的绕组系数稍低，能较有效地削弱高次谐波分量，而副绕组缺圈过多，3、5、7 次谐波干扰较大，但因用于起动型单相电动机，副绕组起动完后即撤出电源，故不妨碍运行。

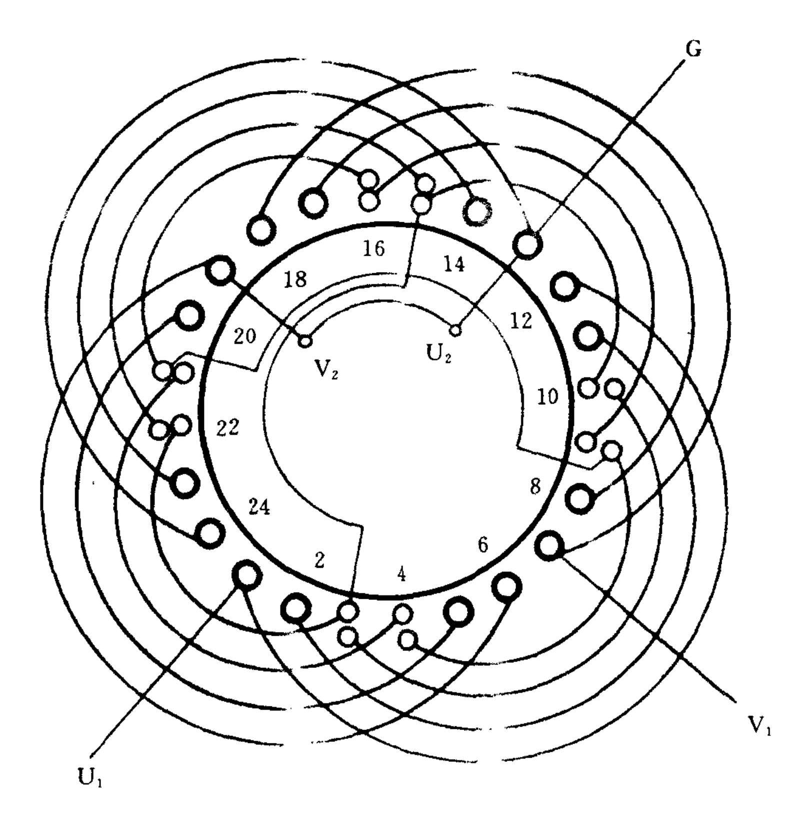
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组为单层布线，宜用分层整嵌，即先按图嵌入主绕组，完成后再把副绕组嵌于面，从而构成层次分明的双平面绕组。嵌线顺序见附表 12-1b。

附表 12-1b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	13	24												
	上平面			8	17	7	18	20	5	19	6				

12-2 单相电泵二极 24 槽 4/4—B 正弦绕组



彩图 12-2 单相电泵二极 24 槽 4/4—B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=16$　　线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=4$

副相组数 $u_a=2$　　副相每组 $S_a=4$

极相槽数 $q=6$　　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-2a。

附表 12-2a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
4B	1—12	29.9	0.855	4B	7—18	29.9
	2—11	27.8			8—17	27.8
	3—10	24.0			9—16	24.0
	4—9	18.3			10—15	18.3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均采用相同的 B 类正弦布线，各线圈组均缺 2 圈，即每组 4 圈，其中两只小节距线圈为双层线圈，其余均是单层布线，同相组间是反极性串联，即显极式布线。此绕组虽不能完全消除 3、5、7 次谐波影响，但运行性能尚可。即可用于起动型，也可用于运行型，但实用上更多见于起动型单相电动机。

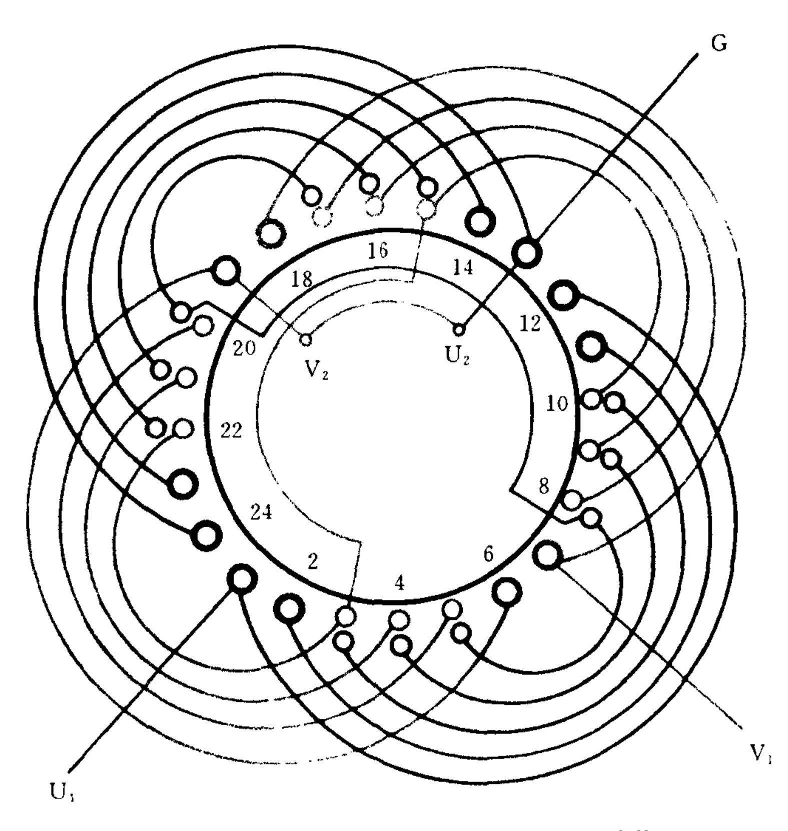
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组采用分层嵌线，先将主绕组按图嵌入相应槽内，完成后再嵌副绕组于面，使两绕组分置于上下层次。嵌线顺序见附表 12-2b。

附表 12-2b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	9	3	10	2	11	1	12	16	21	15	22	14	23	13	24		
	上层																	10	15
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
槽号	上层	9	16	8	17	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6				

12-3 单相电泵二极 24 槽 5/4—B 正弦绕组



彩图 12-3 单相电泵二极 24 槽 5/4 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=18$　　线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=5$

副相组数 $u_a=2$　　副相每组 $S_a=4$

极相槽数 $q=6$　　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-3a。

附表 12-3a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{apm}	布线类型	节距	K_u（%）
5B	1—12	26.8	0.806	4B	7—18	29.9
	2—11	25.0			8—17	27.8
	3—10	21.4			9—16	21.0
	4—9	16.5			10—15	18.3
	5—8	10.3				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例仍是 B 类正弦绕组，但主、副绕组方案不同，主绕组是缺 1 圈，每组 5 圈，能有效削减高次谐波影响；副绕组缺 2 圈，每组是 4 圈，不能完全消除 3、5、7 次谐波干扰，但总体而言，起动和运行性能尚可。适用于短期工作的起动型电动机，是单相起动型电动机应用较多的绕组型式。

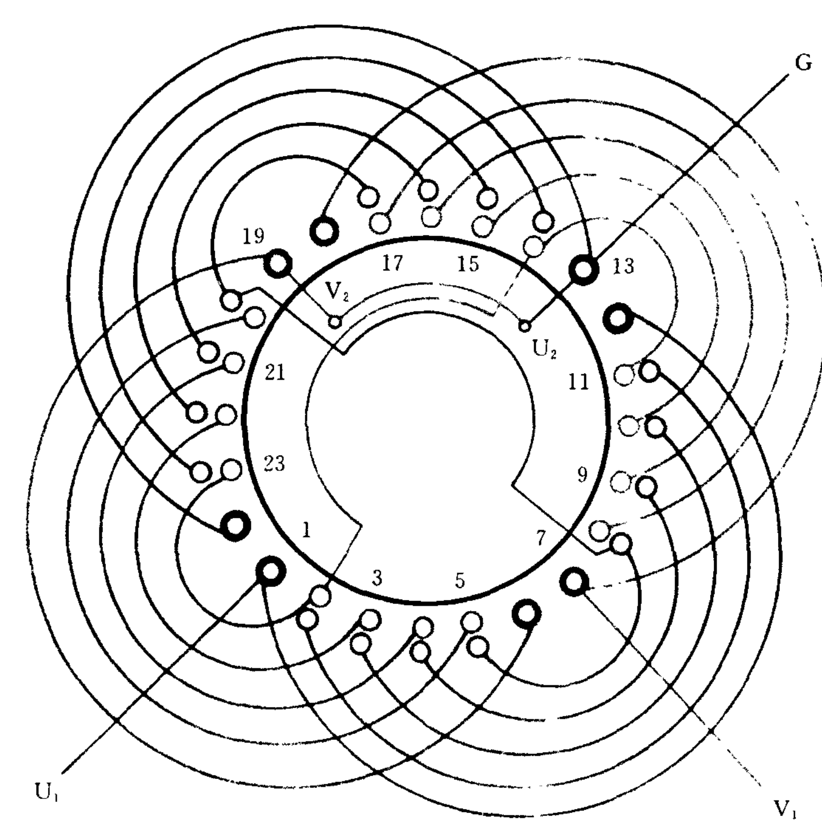
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例绕组属 B 类安排，没有同相同槽的交叠线圈，宜用分层法嵌线，先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 12-3b。

附表 12-3b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21	15	22	14	23
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	13	24																
	上层			10	15	9	16	8	17	7	18	22	3	21	4	20	5	19	6

12-4 单相电泵二极 24 槽 5/5—B 正弦绕组



彩图 12-4 单相电泵二极 24 槽 5/5 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=20$　　线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$　　主相每组 $S_m=5$

副相组数 $u_a=2$　　副相每组 $S_a=5$

极相槽数 $q=6$　　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-4a。

附表 12-4a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
5B	1—12	26.8	0.806	5B	7—18	26.8
	2—11	25.0			8—17	25.0
	3—10	21.4			9—16	21.4
	4—9	16.5			10—15	16.5
	5—8	10.3			11—14	10.3

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均采用相同的 B 类正弦布线，每组均由 5 只线圈组成，即舍去 1 只小节距线圈，使嵌线较为方便，而且又能有效地削减 3、5、7 次谐波的影响。本方案绕组在单相电动机中应用最多，既可用于起动型，又适用于运行型，除用于单相电泵外，还应用于其他家电产品及系列电动机产品。

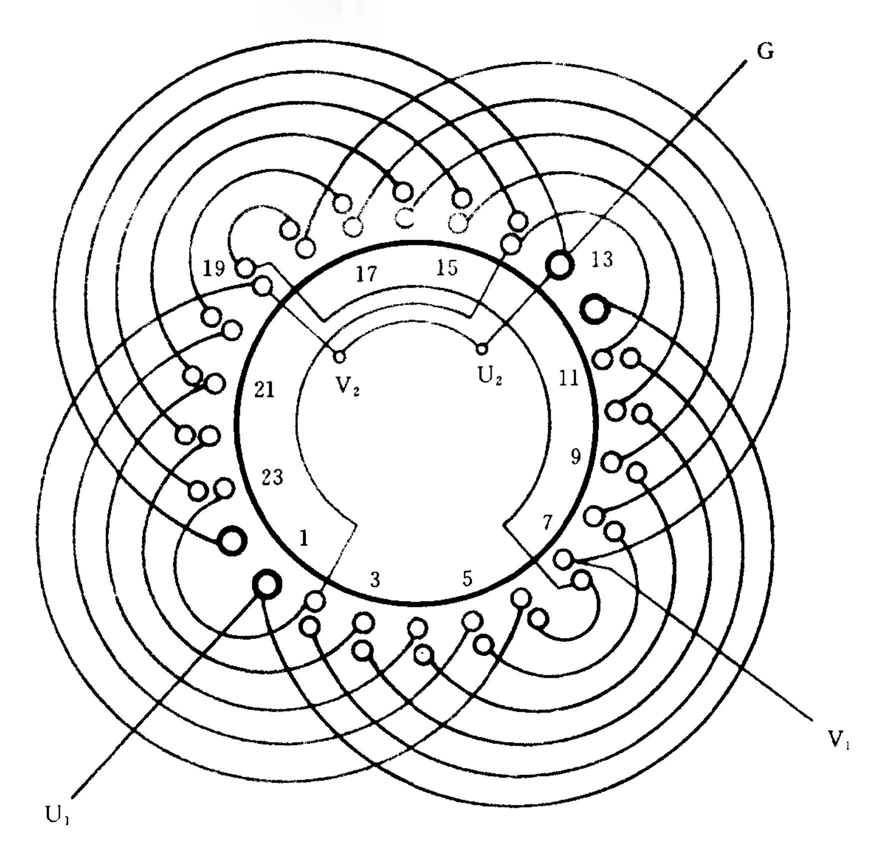
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层整嵌，先嵌主绕组，后嵌副绕组。嵌线顺序见附表 12-4b。

附表 12-4b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下层	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	17	20	16	21
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下层	15	22	14	23	13	24								
	上层							11	14	10	15	9	16	8	17
嵌绕次序		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
槽号	上层	7	18	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6		

12-5 单相电泵二极 24 槽 6/5—B 正弦绕组



彩图 12-5 单相电泵二极 24 槽 6/5 B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$ 电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=22$ 线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$ 主相每组 $S_m=6$

副相组数 $u_a=2$ 副相每组 $S_a=5$

极相槽数 $q=6$ 绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-5a。

附表 12-5a 正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
6B	1—12	25.9	0.783	5B	7 18	26.8
	2 11	24.1			8 17	25.0
	3 10	20.7			9 16	21.4
	4 9	15.9			10 15	16.5
	5 8	10.0			11 14	10.3
	6 7	3.4				

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主绕组为满圈 B 类安排，副绕组则缺 1 小节距线圈，即主、副绕组每组分别由 6 只和 5 只线圈组成，绕组系显极式，同相两组线圈极性必须相反，即“尾与尾”相接。此正弦绕组能基本消除高次谐波干扰，电动机的起动性能和运行性能都较好，是起动型和运行型电动机均适用的绕组型式，但产品中则多用于起动型电动机。

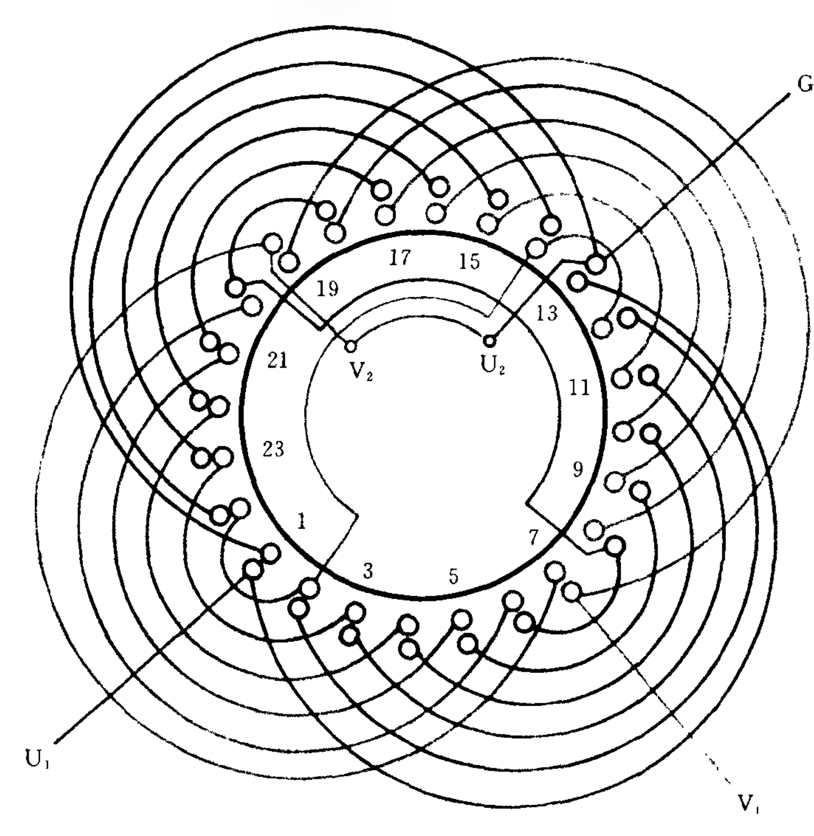
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先嵌主绕组入相应槽内，完成后再嵌副绕组于面，从而构成绕组端部分处上下层次的双平面绕组。嵌线顺序见附表 12-5b。

附表 12-5b 分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	18	19	17	20
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	16	21	15	22	14	23	13	24								
	上层									11	14	10	15	9	16	8	17
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44				
槽号	上层	7	18	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6				

12-6 单相电泵二极 24 槽 6/6—A 正弦绕组



彩图 12-6 单相电泵二极 24 槽 6/6 A 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=24$　电机极数 $2p=2$

总线圈数 $Q=24$　线圈组数 $u=4$

主相组数 $u_m=2$　主相每组 $S_m=6$

副相组数 $u_a=2$　副相每组 $S_a=6$

极相槽数 $q=6$　绕组极距 $\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-6a。

附表 12-6a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
6A	1 13	13.2	0.79	6A	7 19	13.2
	2 12	25.4			8--18	25.4
	3 11	22.8			9 17	22.8
	4 10	18.6			10 · 16	18.6
	5 9	13.2			11 15	13.2
	6 8	6.8			12 14	6.8

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12 6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例主、副绕组均是 A 类正弦满圈安排，即每组均有 6 只线圈，而且所有线圈都呈两层布线，由于每极线圈多，分布系数低而导致绕组系数较低，但对消减 3、5、7 次谐波影响的效果好，故电气性能较好；而因线圈多，且全部双层线圈，使嵌绕较费工时，此绕组既可用于起动型也适用于运行型单相电动机。

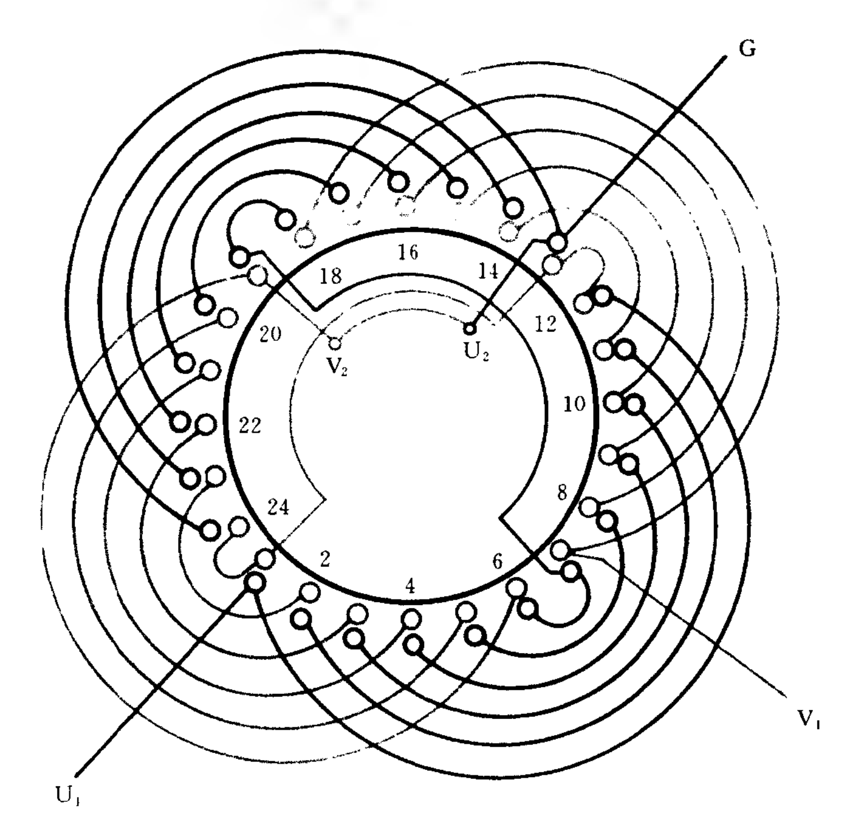
4. 绕组嵌绕工艺要点

主、副绕组分层嵌线，但最大节距线圈是同相双层布线，为使绕组规整美观，宜用交叠嵌入，故需吊起 1 边。嵌线顺序见附表 12 6b。

附表 12-6b　分层交叠法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下层	6	8	5	9	4	10	3	11	2	12	1	18	20	17	21	16
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层	22	15	23	14	24	13										
	上层							1	13	12	14	11	15	10	16	9	17
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	下层			7											19		
	上层	8	18		24	2	23	3	22	4	21	5	20	6		7	19

12-7　单相电泵二极 24 槽 6/6—B 正弦绕组



彩图 12-7　单相电泵二极 24 槽 6/6　B 正弦绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=24$　电机极数　$2p=2$

总线圈数　$Q=24$　线圈组数　$u=4$

主相组数　$u_m=2$　主相每组　$S_m=6$

副相组数　$u_a=2$　副相每组　$S_a=6$

极相槽数　$q=6$　绕组极距　$\tau=12$

正弦绕组布线方案及每极匝比见附表 12-7a。

附表 12-7a　正弦绕组布线方案及每极匝比 K_u（%）

主绕组				副绕组		
布线类型	节距	K_u（%）	K_{dpm}	布线类型	节距	K_u（%）
6B	1-12	25.9	0.783	6B	7-18	25.9
	2 11	24.1			8 17	24.1
	3 10	20.7			9 16	20.7
	4 9	15.9			10 15	15.9
	5 8	10.0			11 14	10.0
	6 7	3.4			12 13	3.4

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-7。

3. 绕组结构及布接线特点

主、副绕组采用 B 类正弦绕组满圈布线方案，每组均为 6 圈，能基本消除 3、5、7 次谐波干扰，电动机起动及运行性能较好；但有节距为 1 槽的小线圈，故嵌线不便。全部线圈均系双层布线，且没有同相同槽的线圈，嵌线无需吊边，则较上例容易。

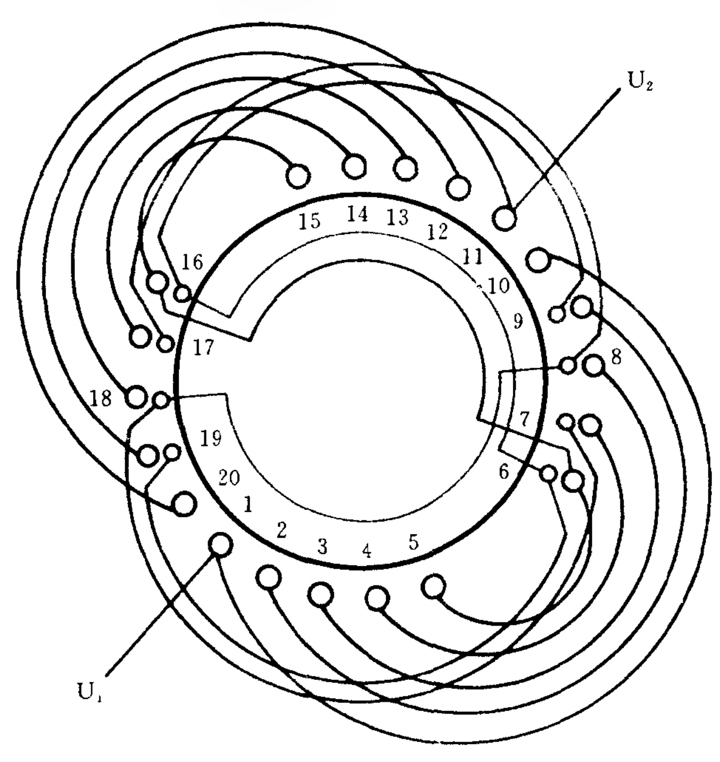
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用整嵌法，先嵌主绕组，后嵌副绕组，从而形成绕组端部的双平面结构。嵌线顺序见附表 12-7b。

附表 12-7b　分层整嵌法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	下平面	6	7	5	8	4	9	3	10	2	11	1	12	18	19	17	20
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下平面	16	21	15	22	14	23	13	24								
	上平面									12	13	11	14	10	15	9	16
嵌绕次序		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
槽号	上平面	8	17	7	18	24	1	23	2	22	3	21	4	20	5	19	6

12-8　单相电泵二极 20 槽 5B/2 分布式罩极绕组



彩图 12-8　单相电泵二极 20 槽 5B/2 分布式罩极绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=20$　　电机极数　$2p=2$
主相圈数　$Q_m=10$　　主相组数　$u_m=2$
主相每组　$S_m=5$　　罩极每组　$S_j=2$
每槽电角　$\alpha=15°$[❶]　　罩极布线　同心双圈
罩极偏角　$\theta=45°$
主绕组正弦布线方案见附表 12-8a。

❶ 本例每槽电角系按定子内圆空间角度计算。

附表 12-8a　　主绕组正弦布线方案

布线类型	绕组极距	线圈节距	K_u（%）	K_{dpm}
5B	$\tau=10$	1—10	26.8	0.806
		2—9	25.0	
		3—8	21.4	
		4—7	16.5	
		5—6	10.3	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例电泵电动机采用罩极式绕组，定子采用特殊设计的 20 槽铁心，但实质仍应归属于 24 槽，只因主绕组每组为 5 圈，舍去小节距线圈所跨两槽不冲出，所以只有 20 槽，绕组仍是显极布线，即两组线圈极性相反。罩极为长跨距，用同心双圈形式布线，罩极偏角为 45°，能兼顾起动和运行性能。

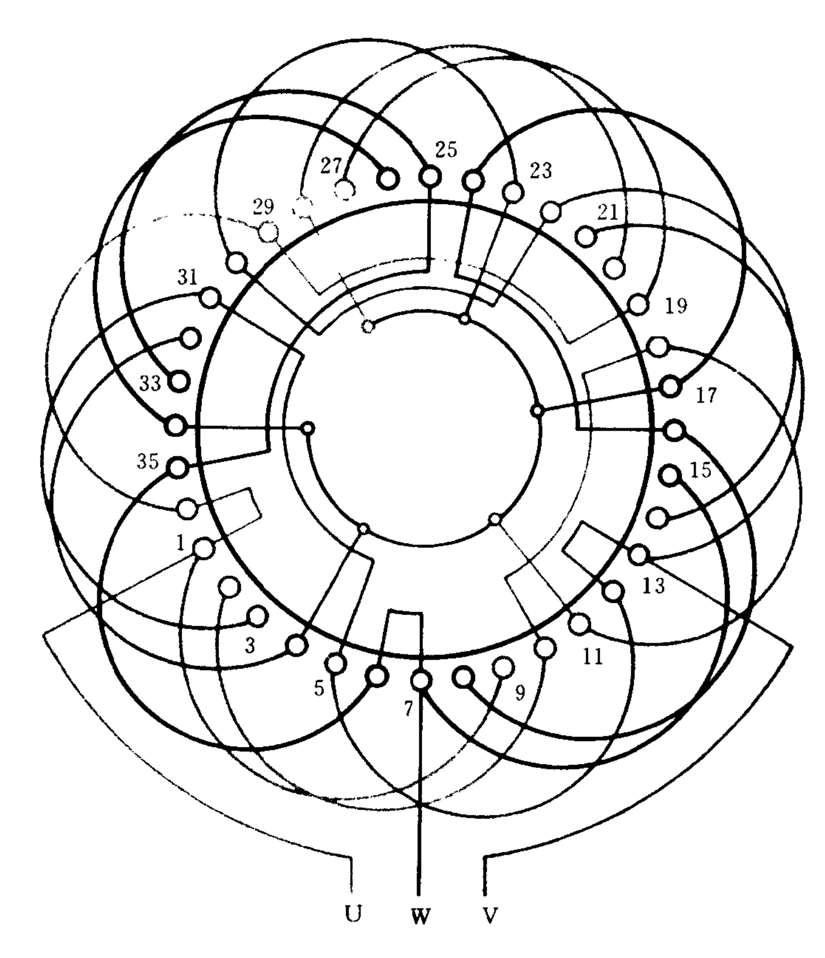
4. 绕组嵌绕工艺要点

主绕组采用整嵌法，将其嵌入相应槽内，完成后再用手绕法绕嵌罩极绕组。嵌线顺序见附表 12-8b。

附表 12-8b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	5	6	4	7	3	8	2	9	1	10	15	16	14	17
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
槽号	下平面	13	18	12	19	11	20								
	上平面							19	6	18	7	16	9	17	8

12-9 民用三相电泵四极 36 槽单层交叉式（2Y）绕组



彩图 12-9 民用三相电泵四极 36 槽单层交叉式（2Y）绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=36$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=18$	线圈组数	$u=12$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=8$、7
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a=2$
每槽电角	$\alpha=20°$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为三相电动机绕组，采用单层不等节距线圈的显极式布线，而且每组线圈数 $S=1\frac{1}{2}$，即每相分别由 2 只线圈的大联组和 1 只线圈的小联组交替分布，大联的线圈节距 $Y_D=8$，小联的线圈节距 $Y_x=7$，均短于绕组极距，但仍属全距绕组，故具有节省铜线的优点。此绕组为显极式，同相相邻线圈组极性必须相反，而本例采用二路并联，每支路由大、小联各 1 组反向串联而成，并用短跳反向连接，即一相进线后向左、右两方向接线。家用电泵电动机均属小型电机，采用 Y 形接法，星点在内部连接，仅引出三根出线。

4. 绕组嵌绕工艺要点

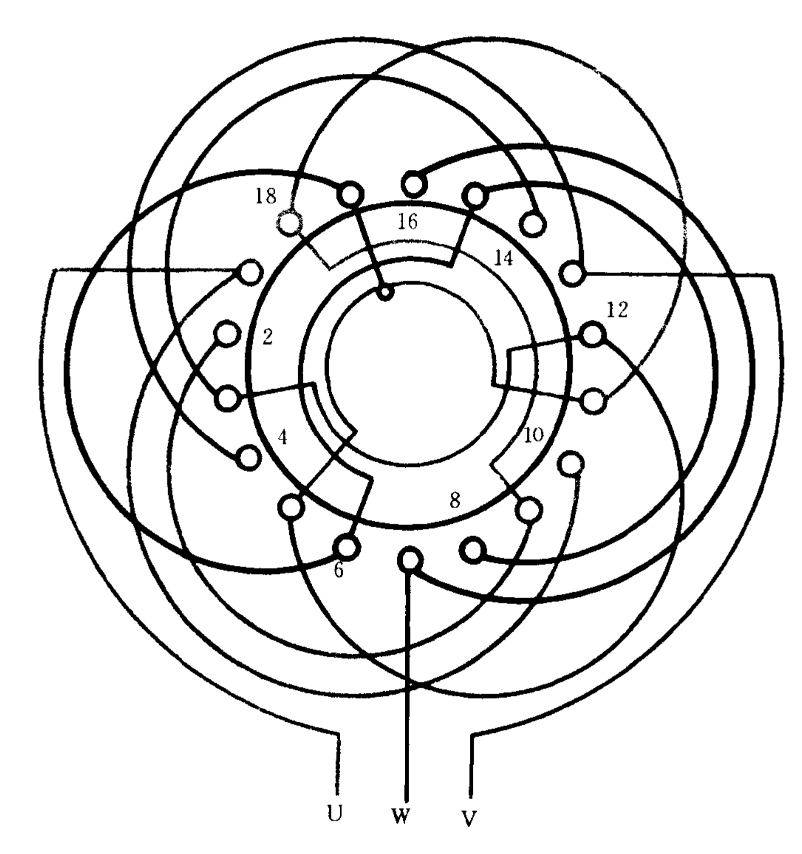
绕组采用交叠法嵌线，习惯上常从双圈起嵌，即嵌 2 槽沉边，退空 1 槽（浮边），嵌入 1 槽沉边，再退空 2 槽浮边，以后循此规律嵌线，但需吊边 3 个。嵌线顺序见附表 12-9。

附表 12-9　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	35	32		31		29		26		25		23		20		19
	浮边					4		3		36		34		33		30		28	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边		17		14		13		11		8		7		5				
	浮边	27		24		22		21		18		16		15		12	10	9	6

注　单层绕组原无层次，但用交叠法嵌线时，先嵌的有效边被后嵌边压住，故将先嵌有效边称为沉边；后嵌边在面，故称浮边。下同。

12-10　民用三相电泵二极 18 槽单层同心交叉式绕组



彩图 12-10　民用三相电泵二极 18 槽单层同心交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=9$、7
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是显极式布线，每极相槽数为 3 时，单层绕组每组线圈为分数，即规整后一组用 2 只线圈，另一组为 1 只线圈；另外，双圈的线圈组采用同心形式，故称同心交叉式绕组。此绕组常用于小功率专用电动机，并用 Y 形接法，出线 3 根，星点在机内连接。

4. 绕组嵌绕工艺要点

因系小功率电机，定子内腔较小，在嵌线时可有两种嵌法可选择：

（1）交叠法。此系正规嵌法，但要吊起 3 边。嵌线是嵌 2 槽空 1 槽，嵌 1 槽再空 2 槽，循此规律，直至嵌完。嵌线顺序见附表 12-10a。

（2）整嵌法。由于绕组线圈跨距大，对内腔窄小的定子采用吊边嵌线无疑更增加了嵌线的难度，为此可采用简易的嵌法，即将绕组逐相分层嵌入，如先嵌 U 相入相应槽内，完成后再分别嵌入 W 相、V 相。嵌线顺序见附表 12-10b。

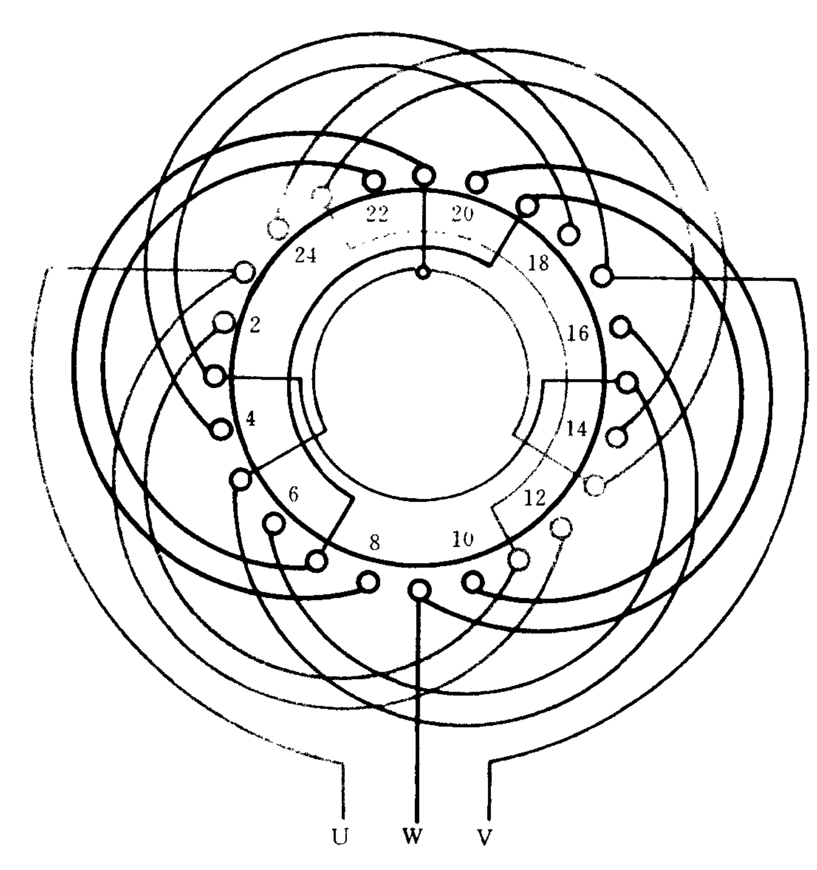
附表 12-10a　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	17	14		13		11		8		7		5				
	浮边					3		4		18		15		16		12	9	10	6

附表 12-10b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	底层	2	9	1	10	11	18												
	中层							8	15	7	16	17	6						
	面层													14	3	13	4	5	12

12-11 民用三相电泵二极 24 槽单层同心式绕组



彩图 12 11 民用三相电泵二极 24 槽单层同心式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=4$
绕组极距	$\tau=12$	线圈节距	$y=11$、9
绕组系数	$K_{dp}=0.958$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=15°$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-11。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是显极式布线方案，同相相邻线圈组极性必须相反，因此，两组接线应是“尾与尾”相接，即绕组每相由 2 线圈组反向串联而成，每组 2 圈，并采用同心布线。此绕组是 2 极小功率电机常用方案，但作为专用电动机则多用 Y 形接法，把星点接在机内，引出 3 根出线。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可用两种嵌法：

(1) 交叠法。是绕组的正规嵌法，嵌线规律是嵌入 2 槽退空 2 槽，再嵌 2 槽再退空 2 槽，吊边数为 4。嵌线顺序见附表 12 11a。

(2) 整嵌法。是绕组的简易嵌法。通常，当定子内腔较窄，如按常规嵌线需吊 4 边，造成嵌线十分困难，故可选用逐相分层嵌入，最后使其绕组端部形成三平面结构。嵌线顺序见附表 12 11b。

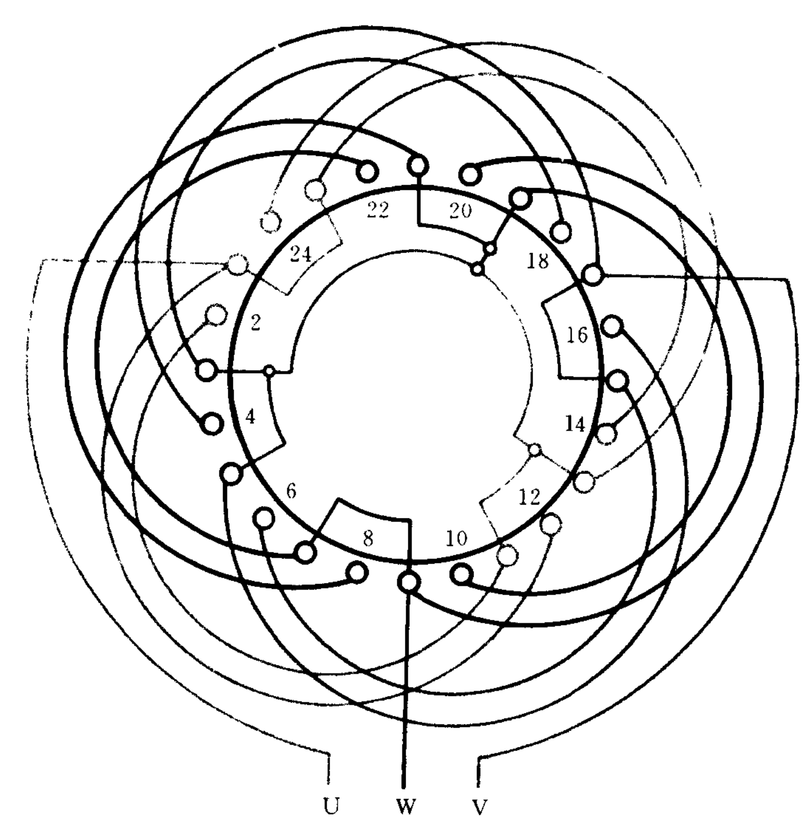
附表 12-11a　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	沉边	2	1	22	21	18		17		14		13		10	
	浮边						3		4		23		24		19
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	沉边	9		6		5									
	浮边		20		15		16	12	11	8	7				

附表 12-11b　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
槽号	底层	10	19	9	20	22	7	21	8								
	中层									6	15	5	16	18	3	17	4
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	上层	2	11	1	12	14	23	13	24								

12-12 民用三相电泵二极 24 槽单层同心式（2Y）绕组



彩图 12-12 民用三相电泵二极 24 槽单层同心式（2Y）绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=4$
绕组极距	$\tau=12$	线圈节距	$y=11$、9
绕组系数	$K_{dp}=0.958$	并联路数	$a=2$
每槽电角	$\alpha=15°$		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 12-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为显极布线，每相 2 组，每组由 2 只同心线圈组成，而 2 组采用并联接线，即进线后分左右两路并接，其尾端也并联接入三相绕组星点，但必须注意，同相相邻两线圈组极性要相反。本例绕组应用较多，但主要用于专用电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线可采用两种方法：

(1) 交叠法。交叠法嵌线属正规嵌法，它可使绕组端部整齐美观，但嵌线时需吊起 4 边，增加操作的难度，嵌线要点是嵌两槽，隔空两槽再嵌两槽，嵌线顺序见附表 12-12a。

(2) 整嵌法。此嵌法是将绕组分相嵌入，形成端部三平面。嵌线顺序见附表 12-12b。

附表 12-12a　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	沉边	10	9	6	5	2		1		22		21		18		17
	浮边						11		12		7		8		3	
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	沉边		14		13											
	浮边	1		23		24	9	20	15	16						

附表 12-12b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	2	11	1	12	14	23	13	24				
	中平面									10	19	9	20
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	中平面	22	7	21	8								
	上平面					18	3	17	4	6	15	5	16

彩图 13　常用电动工具三相电动机绕组布线接线图

电动工具是通过小功率电动机为动力的手持式机械化的便携工具，通常都具有重量轻、结构简单、使用方便等特点，目前已在局部维修及居家装修等手工作业中普遍使用。电动工具的种类繁多，所用动力除单相电动机外，还有部分采用三相电动机。本节系介绍应用于电动工具的三相异步电动机绕组布线接线图例。为了便于看图，特作说明如下：

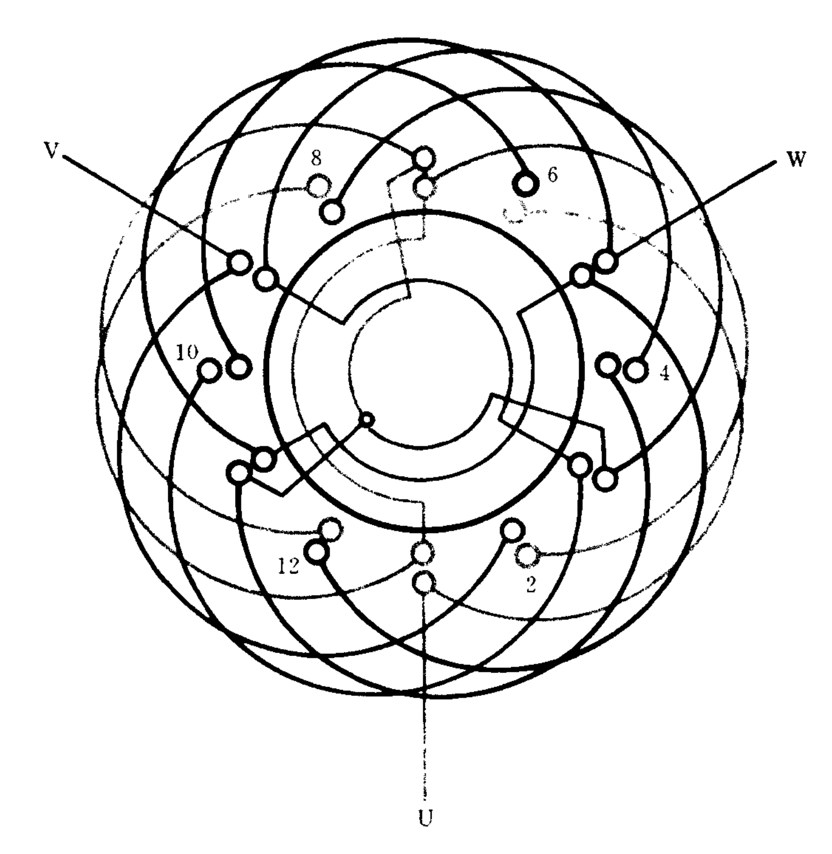
（1）电动工具用三相异步电动机一般属小功率电机，其接法主要用星形，但个别也用角形，但为简化结构，通常只引出 3 根出线。

（2）电动工具电动机除个别采用 12 槽外，一般多用 18 槽及 21 槽定子，其绕组主要是单层交叉式或单层同心式两种，但也不乏如等距交叉式、整距交叉式及单双层混合式等特殊型式的绕组。

（3）双层绕组在槽中呈上、下层次分布，而单层绕组无上、下层之分；为清楚表达嵌线顺序，采用交叠嵌线时，特将先嵌有效边称“沉边”，它将被线圈后嵌边压住；而后嵌边处于端部表面，故称“浮边”。

（4）本节图例用彩色绘制，其中 U 相为黄色，V 相为绿色，W 相为红色。

13-1　二极 12 槽电动工具三相电动机双层叠式绕组



彩图 13-1　二极 12 槽电动工具三相电动机双层叠式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=12$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=2$
绕组极距	$\tau=6$	线圈节距	$y=5$
绕组系数	$K_{dp}=0.933$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=30°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例系双层叠式布线，显极式接线，线圈数较上例多一倍，每组由两只交叠线圈构成，每相有 2 组，是反极性串联接法，即“尾与尾”相接。三相首端引出，尾端在电机内部接成星点。由于二极电机的线圈跨距大，交叠嵌线时吊边数较多，嵌线有一定困难；但双叠绕组可采用缩短节距，可有效地削减高次谐波影响而改善电动机的运行性能，故仍被采用。

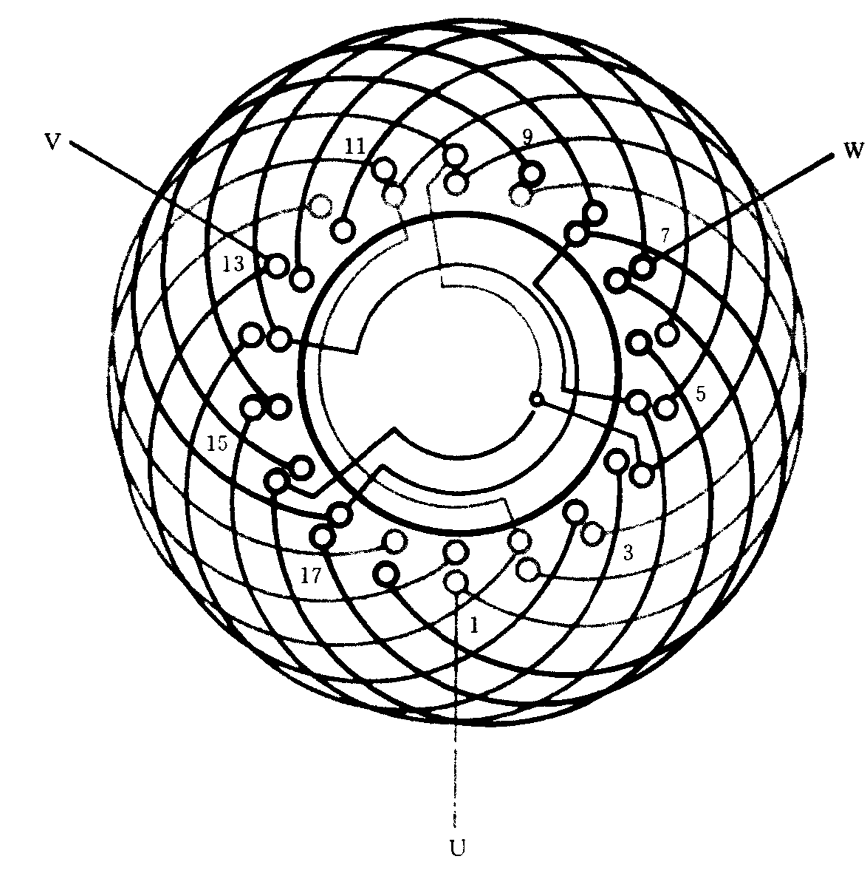
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组一般仅用交叠法嵌线，吊边数为 5。嵌线顺序见附表 13-1。

附表 13-1　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	1	12	11	10	9		8		7		6
	上层							2		1		12	
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层		5		4		3						
	上层	11		10		9		8	7	6	5	4	3

13-2　二极 18 槽电动工具三相电动机双层叠式绕组



彩图 13-2　二极 18 槽电动工具三相电动机双层叠式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=18$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=3$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=8$
绕组系数	$K_{dp}=0.946$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是整数槽绕组，每组由 3 只线圈顺串而成，每相由两组线圈反向串联，即“尾与尾”相接。三相绕组尾端在内部连接成星点，首端引出线 3 根。此绕组运行性能优于单层绕组，但嵌线时需吊边，操作上相对较困难。

4. 绕组嵌绕工艺要点

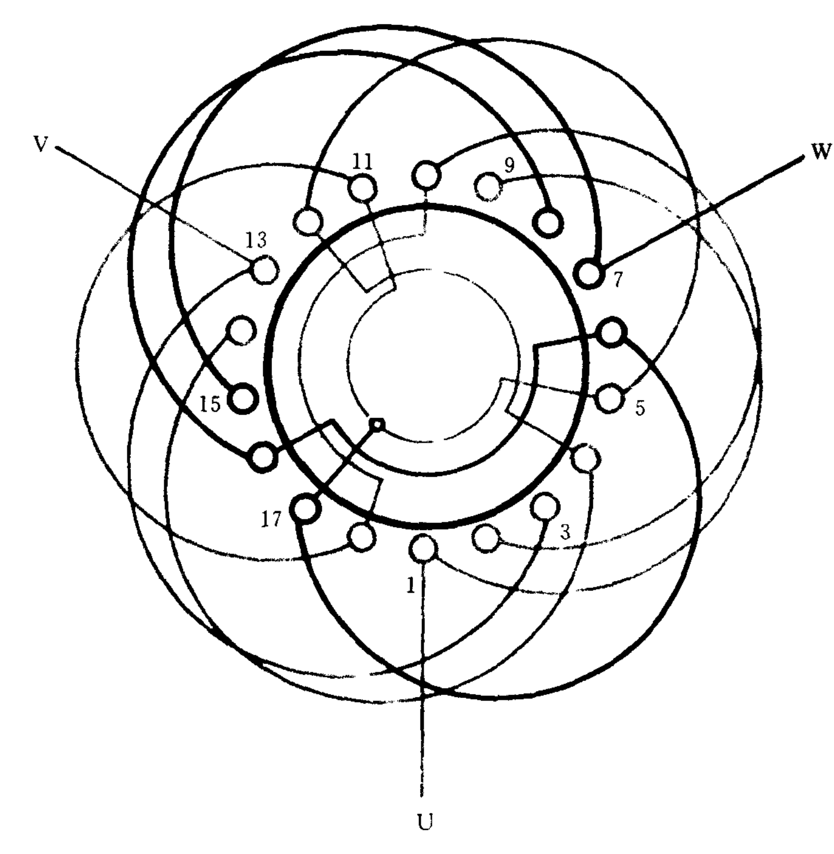
双层叠绕组仅用交叠法嵌线，吊边数为 8。嵌线时连续嵌入 8 个线圈的单边于槽的下层，从第 9 只线圈起可将线圈两边分别嵌入相应两槽的上、下层，即俗称“整嵌”，下层边全部嵌完后再把原来吊起的线圈边嵌入相应槽的上层。嵌线顺序见附表 13-2。

附表 13-2　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	18	17	16	15	14	13		12		11		10		9	
	上层										3		2		1		18		17

嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	8		7		6		5		4									
	上层		16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4

13-3 二极 18 槽电动工具三相电动机单层交叉式（Y 形）绕组



彩图 13-3 二极 18 槽电动工具三相电动机单层交叉式（Y 形）绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y-7$、8
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a-1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为显极式不等距布线方案，每相由 2 组线圈反向串联构成，大联组是由两只等节距线圈交叠串联成组；小联组仅有一只线圈，而且线圈节距较大联组短一槽。此绕组是交叉链式绕组的基本结构型式，只能接成一路串联，在小型电动工具中常用星形接法，将星点接在机内，引出三根电源线。此例在电动工具中应用较多，如 S3SR 200 软轴砂轮机、JOSF 200 台式砂轮机，S3S 100、125、150 等手提砂轮机以及 B11 型平板振打器等。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用交叠法嵌线，吊边数为 3。但具体操作时可由单圈或双圈始嵌：

（1）交叠法。单圈始嵌时是嵌 1 槽，退空 2 槽嵌 2 槽，再退空 1 槽嵌 1 槽，其余由此类推。嵌线顺序见附表 13-3a。

（2）交叠法。双圈始嵌的规律是嵌 2 槽，退空 1 槽嵌 1 槽，再退空 2 槽嵌 2 槽。其余由此类推。嵌线顺序见附表 13-3b。

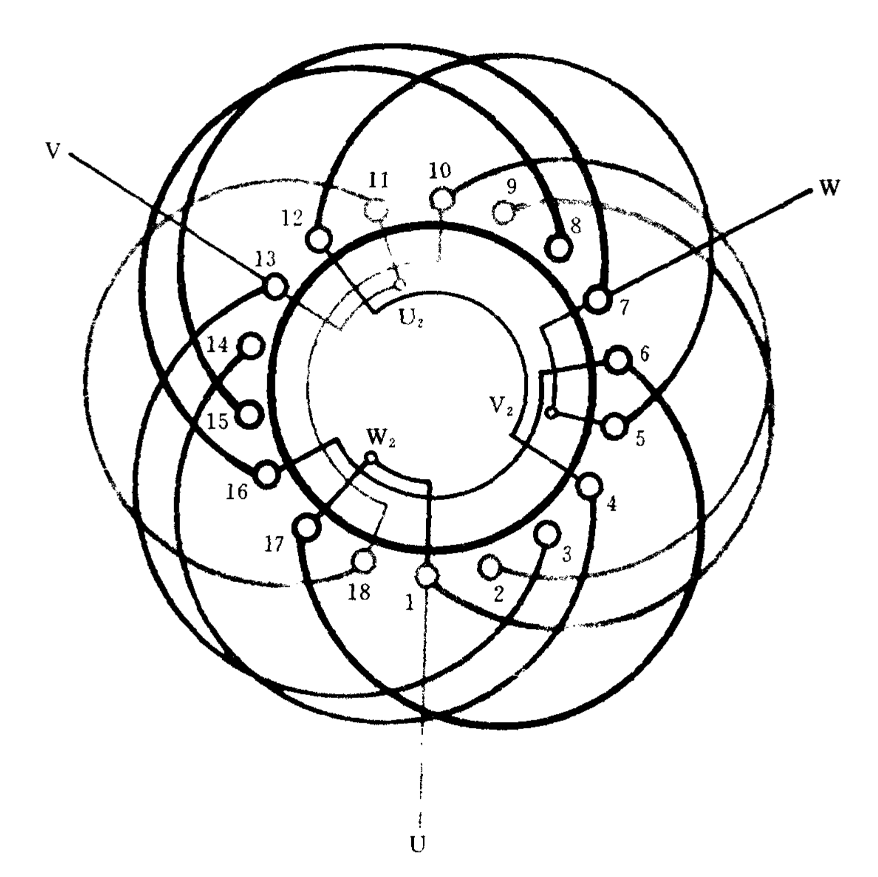
附表 13-3a　　交叠法（单圈始嵌）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	17	14	13	11		8		7		5		2		1				
	浮边					18		16		15		12		10		9	6	3	4

附表 13-3b　　交叠法（双圈始嵌）

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	17	14		13		11		8		7		5				
	浮边					4		3		18		16		15		12	10	9	6

13-4 二极 18 槽电动工具三相电动机单层交叉式（△形）绕组



彩图 13-4　二极 18 槽电动工具三相电动机单层交叉式（△形）绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=7$、8
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	△形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是分数线圈显极式布线，绕组结构形式及布线与上例相同，但上例是 Y 形接法，本例应用于高频电动工具，采用△形接法，即每相绕组接线不变，两组之间是反接串联成一相，三相首端 U、V、W 引出，而 U 相尾 U_2 接到 V，V 相尾 V_2 接到 W，W 相尾 W_2 再回接到 U，如彩图 13-4 所示。

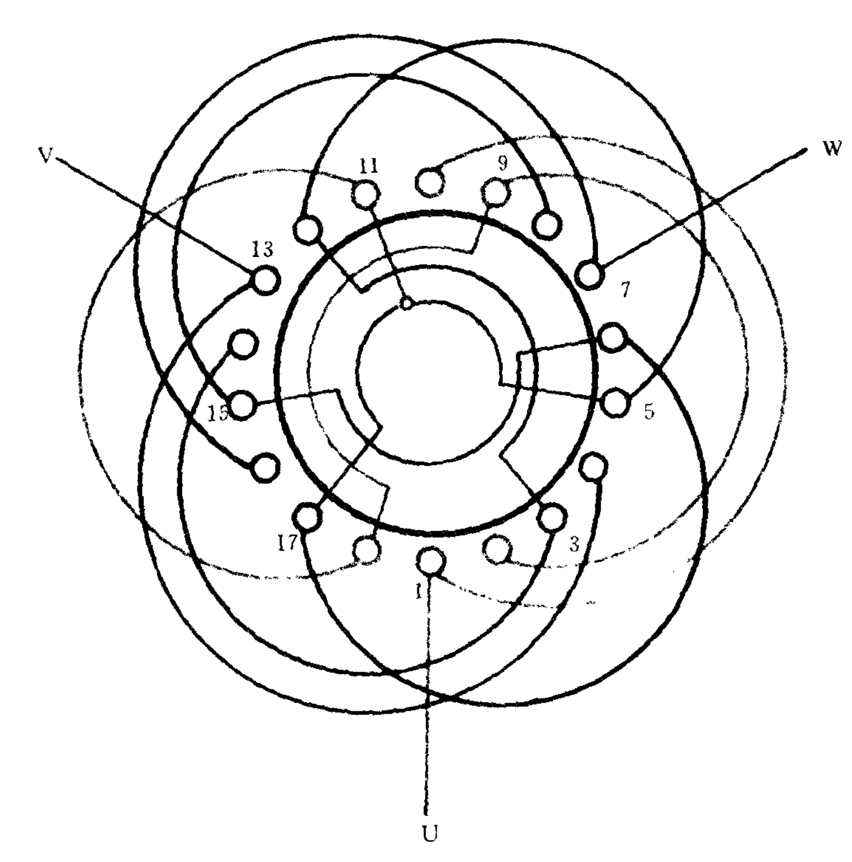
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌法与上例相同，采用交叠法嵌线时需吊 3 边。嵌线规律是嵌入 2 槽退空 1 槽，再嵌 1 槽退空 2 槽。其余类推。嵌线顺序可参考附表 13-4。

附表 13-4　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	14	13	11	8		7		5		2		1		17				
	浮边					16		15		12		10		9		6	4	3	18

13-5 二极 18 槽电动工具三相电动机单层同心交叉式绕组



彩图 13-5 二极 18 槽电动工具三相电动机单层同心交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=9$、7
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例同心交叉式绕组是由上例交叉式演变而来，即将交叠等距双圈改为同心双圈便成。此绕组是一路串联，是单层同心交叉式的基本型式。在小功率三相电动工具中，常用星形接法，把星点内接而引出三根出线。此种绕组除应用于三相电动工具外，还用于小功率系列电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌法：

(1) 交叠法。交叠法嵌线需吊 3 边，由于跨距大，对内腔窄小的定子嵌线比较困难。嵌线规律是嵌 2 槽退空 1 槽，再嵌 1 槽退空 2 槽，其余由此类推。嵌线顺序见附表 13-5a。

(2) 整嵌法。逐相分层嵌入，完成后绕组端部构成三平面层次。嵌线顺序见附表 13-5b。

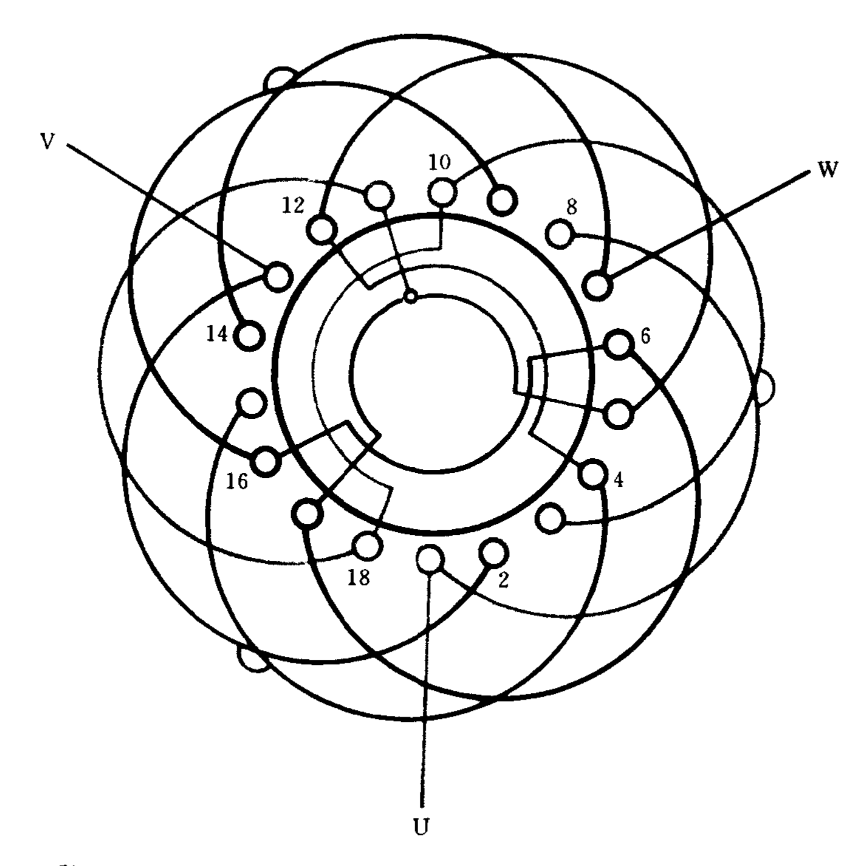
附表 13-5a 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	17	14		13		11		8		7		5				
	浮边					3		4		18		15		16		12	9	10	6

附表 13-5b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	2	9	1	10	11	18												
	中平面							8	15	7	16	17	6						
	上平面													14	3	13	4	5	12

13-6　二极 18 槽电动工具三相电动机单层等距交叉式绕组



彩图 13-6　二极 18 槽电动工具三相电动机单层等距交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=7$
绕组系数	$K_{dp}=0.906$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组是显极布线，属单层交叉链的特殊形式，它每一相带的线圈边不是全部连续分布，即双圈组的两只线圈有效边不是相邻的，而是隔开一槽安排，中间槽则安排其他相的线圈，故有称“断续相带”绕组，或称“散布”绕组。此绕组的特点有：

（1）全部线圈采用等节距布线，而且线圈节距小于极距。

（2）嵌线吊边数较其他相同槽数的单层交叉式少，便于嵌线。

（3）采用短节距线圈可节省线材，并在一定程度上改善旋转磁场波形，但绕组系数也随之降低。

（4）绕组附加损耗增加，将对正弦磁场产生不利影响。

因此布线型式不是理想的布线方案，实际较少应用。

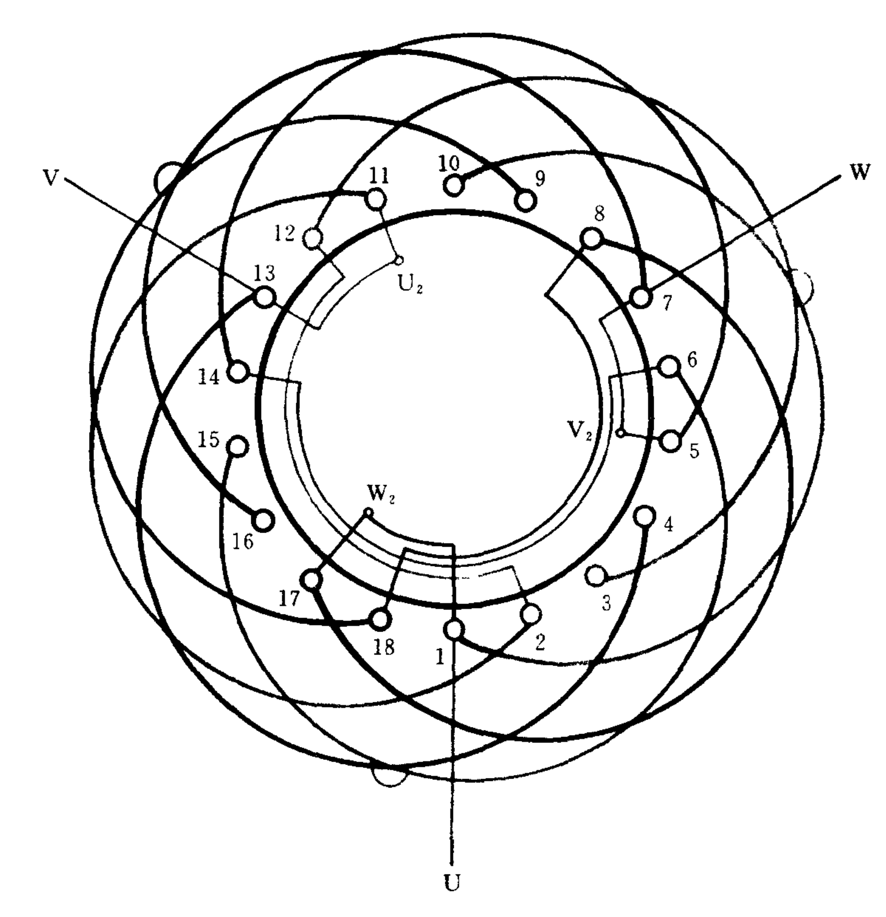
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组常用交叠法嵌线，吊边数为 3。嵌线规律是：嵌 1 槽，退空 2 槽，再嵌 1 槽，再退空 1 槽。如双圈采用连绕成组时，要注意隔槽嵌线。嵌线顺序见附表 13-6。

附表 13-6　　　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	3	1	17	15		13		11		9		7		5				
	浮边					4		2		18		16		14		12	10	8	6

13-7　二极 18 槽电动工具三相电动机单层整距交叉式(△形)绕组



彩图 13-7　二极 18 槽电动工具三相电动机单层整距交叉式(△形)绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=9$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=9$
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	每槽电角	$\alpha=20°$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-7。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组系显极式布线，且线圈等节距并等于极距，故称整距交叉式。由于有别于常用的不等节距交叉式绕组，本例与上例均属于特殊绕组，但本例的等节距为整距，长于上例的短节距，故也称长等距交叉式。绕组每相有两组线圈，大联组为隔槽分布的连绕双圈组（彩图 13-7 中用端部小半圈表示），小联是单圈组，两组线圈的接线是反向串联。此绕组唯一优点就是可用同一规格线模绕制线圈，但线圈节距较长，每匝平均匝长增加，不但用铜量增加而增加成本，而且有功损耗也相应增大；同时线圈节距大则嵌线吊边增加，对小电机嵌线工艺十分不利。故目前较少应用。

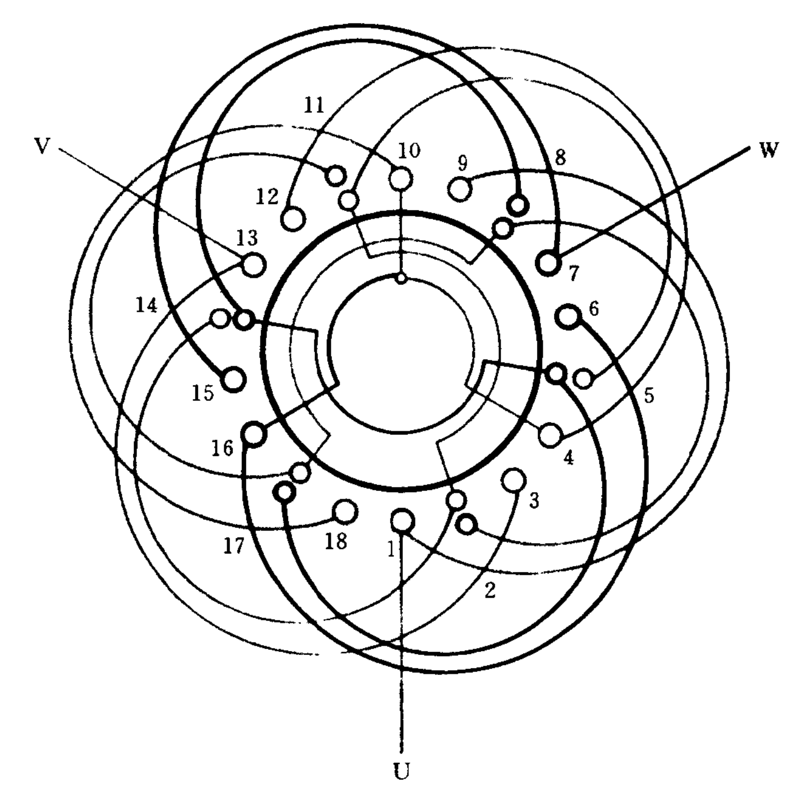
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用交叠法嵌线，吊边数为 4。嵌线是嵌 1 槽，退空 1 槽后再嵌 1 槽。嵌线顺序见附表 13-7。

附表 13-7　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	3	1	17	15	13		11		9		7		5					
	浮边						4		2		18		16		14	12	10	8	6

13-8　二极 18 槽电动工具三相电动机单双层混合式（Y 形）绕组



彩图 13-8　二极 18 槽电动工具三相电动机单双层混合式(Y 形)绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=6$、8
绕组系数	$K_{dp}=0.946$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是从 $q=3$、$Y=8$ 的双层叠式绕组演变而来，绕组类似于同心式布线，但每组同心线圈中，大线圈为单层布线，线圈匝数等于每槽线数；小线圈则是双层布线，线圈匝数为大线圈的一半。每相两组线圈采用显极接线，即同相组间是“尾接尾”或“头接头”。此绕组是单双层混合式应用较多的型式。

4. 绕组嵌绕工艺要点

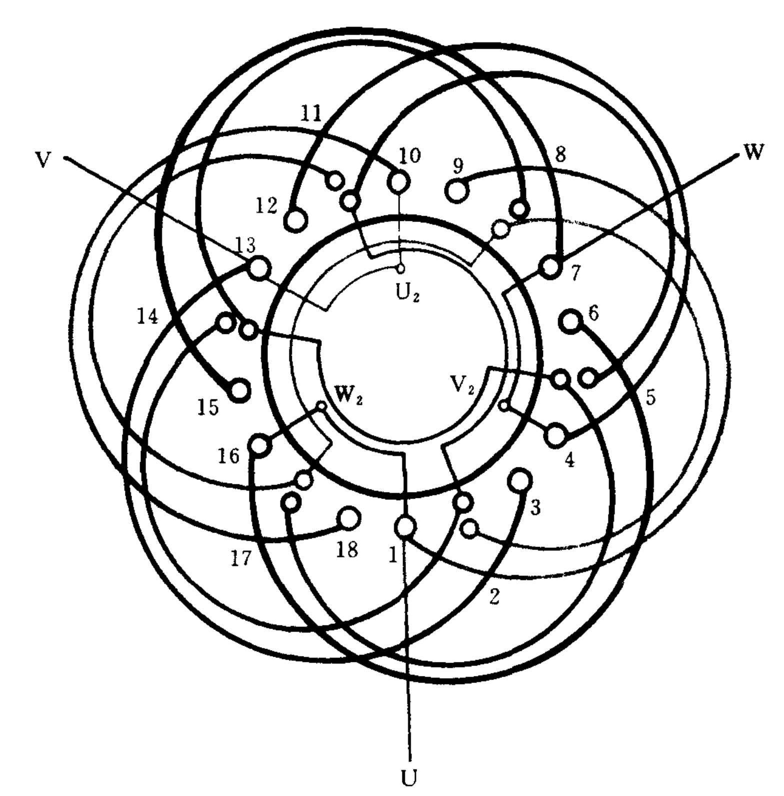
嵌绕方法是：嵌 2 槽、退空 1 槽再嵌 2 槽。吊边数为 4，嵌线顺序见附表 13-8。

附表 13-8　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	1	17	16	14		13		11		10	
	上层						2		3		17		18
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	8		7		5		4					
	上层		14		15		11		12	8	9	5	6

注　单层线圈本无上、下层之分，为简化编表权将浮边称上层；沉边称下层。下同。

13-9 二极 18 槽电动工具三相电动机单双层混合式(△形)绕组



彩图 13-9 二极 18 槽电动工具三相电动机单双层混合式(△形)绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=18$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=6$、8
绕组系数	$K_{dp}=0.946$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	△形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组布线方案同上例，绕组由同心线圈组构成，每组有大小两线圈，大线圈是单层，小线圈是双层；同相组间是反接串联。三相绕组接成△形，三个交连点引出 U、V、W。

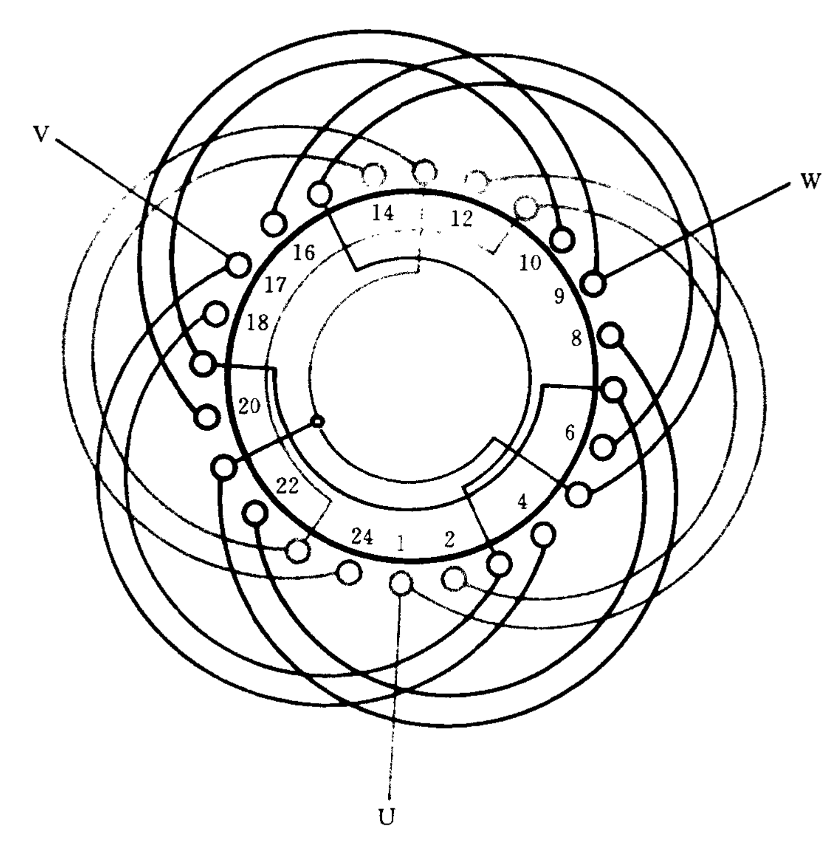
4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线采用交叠法，即嵌入 2 槽，退空 1 槽后再嵌 2 槽，吊边数为 4。嵌线顺序见附表 13-9。

附表 13-9　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
槽号	下层	2	1	17	16	14		13		11		10		8
	上层						2		3		17		18	
嵌绕次序		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
槽号	下层		7		5		4							
	上层	14		15		11		12	8	9	5	6		

13-10 二极 24 槽电动工具三相电动机单层同心式绕组



彩图 13-10 二极 24 槽电动工具三相电动机单层同心式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=2$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=6$
每组圈数	$S=2$	极相槽数	$q=4$
绕组极距	$\tau=12$	线圈节距	$y=11$、9
绕组系数	$K_{dp}=0.958$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=15°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 13-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是 2 极电动机最常用的布接线方案。绕组采用显极布线，一路串联 Y 形接法。每组由 2 只同心线圈组成，每相两组间接线是反向串联，即“尾与尾”相接。三相首端引出电机，尾端在内部连成星点。

4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线可有两种方法：

(1) 交叠法。此法嵌线需吊边，对于铁心长度较大和内腔窄小的电机定子将增加嵌线的难度，故适用于容量稍大的电机。嵌线顺序见附表 13-10a。

(2) 整嵌法。此法嵌线时无需吊边，利于嵌线操作，故适用于长铁心、窄内腔的小容量二极电动机采用，但此嵌法制造的电机，其端部不够美观。嵌线是分相嵌入，完成后绕组端部呈三平面分布。嵌线顺序见附表 13-10b。

附表 13-10a 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	2	1	22	21	18		17		14		13	
	上层						3		4		23		24
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层	10		9		6		5					
	上层		19		20		15		16	11	12	7	8

附表 13-10b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下平面	2	11	1	12	14	23	13	24						
	中平面									18	3	17	4	6	15
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
槽号	中平面	5	16												
	上平面			10	19	9	20	22	7	21	8				

彩图 14　货场电葫芦锥形转子三相电动机绕组布线接线图

民用货场或货仓常用一些简易的起重设备或轻型吊车，它要求控制方便，货场在起吊后能稳定留空，故其起重电葫芦常选用带自制动的锥形转子电动机作动力。这种电动机转子仍是鼠笼式，总体结构较之同类其他型式的起重用电动机并不十分复杂，而且维护工作量较少，是目前小型起重设备中常用的电机型式。本节收集仅有 4 例，均系电机绕组的常用型式，今绘制成彩图，供修理参考并作说明如下：

（1）本节电动机均为三相异步电动机，三相绕组采用星形接法，星点在内部连接，仅引出线三根。

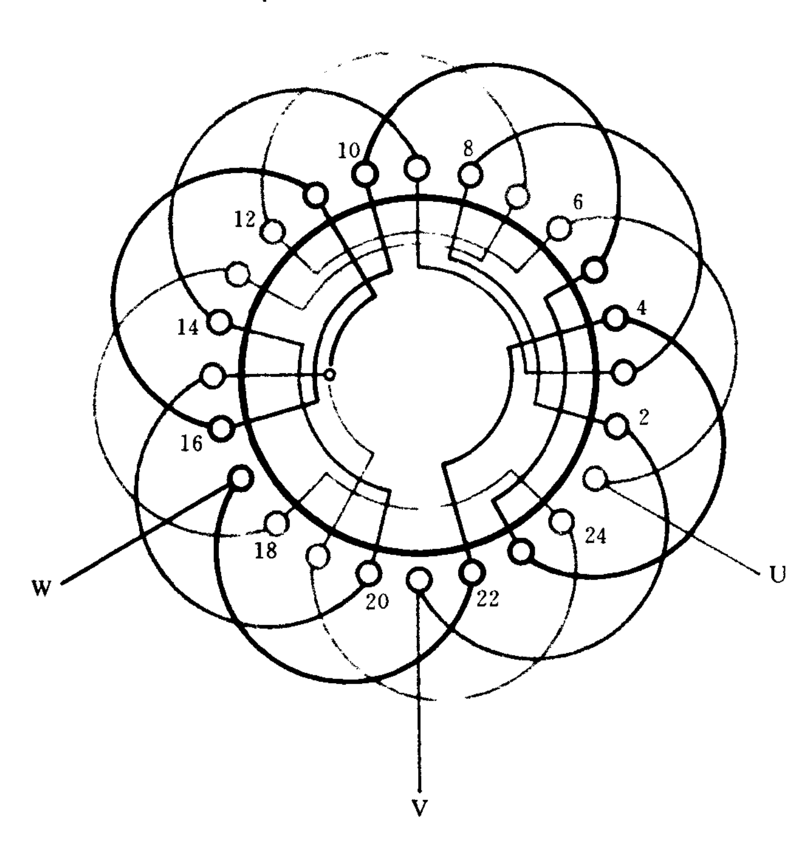
（2）锥形转子电动机绕组有用单层或双层布线，双层绕组在例图中用双层小圈表示线圈有效边在槽内层次；单层绕组每槽仅有一边，故用一层小圈表示。

（3）单层绕组采用交叠法嵌线时，每只线圈先嵌的边将被其他线圈压在下面，后嵌边则压住其他先嵌边而呈现在上位。为准确表达嵌序，特将先嵌边称为沉边，后嵌边称为浮边。

（4）绕组嵌线工艺有前进式和后退式，而本节嵌序表均按习惯采用后退式嵌序。

（5）本节图例用彩色绘制，其中黄色代表 U 相，绿色代表 V 相，红色代表 W 相。

14-1　四极 24 槽锥形转子三相电动机单链绕组



彩图 14-1　四极 24 槽锥形转子三相电动机单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=12$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=2$
绕组极距	$\tau=6$	线圈节距	$y=5$
绕组系数	$K_{dp}=0.966$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha-30°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 14-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用显极式布线，每组仅 1 只线圈，每相由 4 只（组）线圈构成，同相相邻线圈极性相反，从而形成 4 极。绕组采用 -路星形接法，三相首端引出 U、V、W；尾端在电机内部连成星点。绕组具有较好的电气性能，而且具有线圈平均节距短、节省线材、降低铜损等优点，是三相四极电动机常用的布线型式之一。

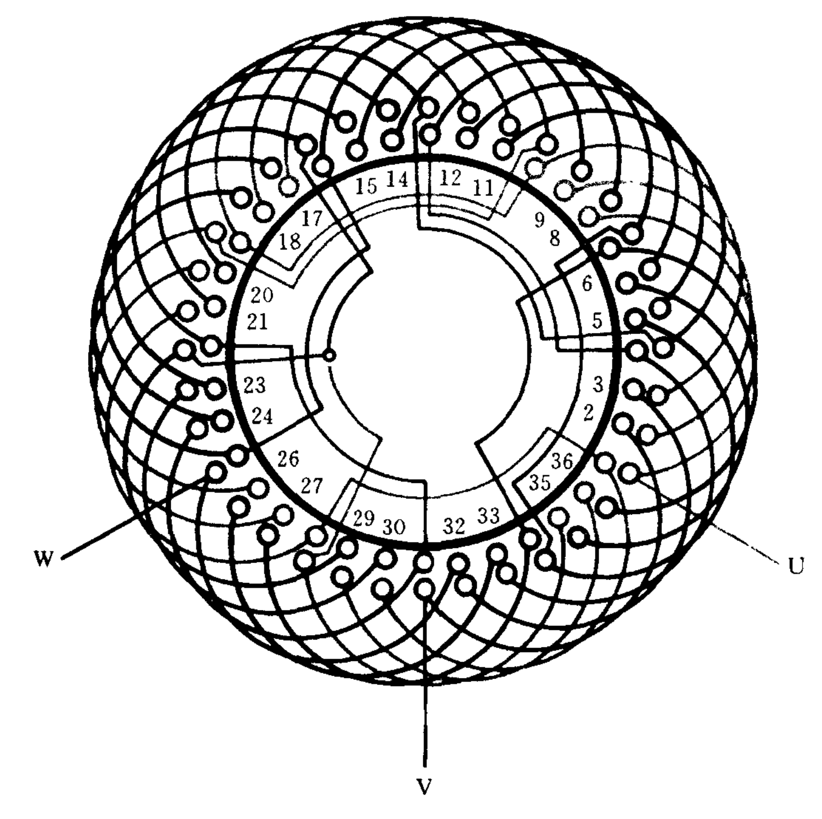
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌线可采用整嵌法和交叠法，整嵌法无需吊边，绕组分相逐层嵌入，但此线圈节距不大，较之交叠吊边嵌线，并无十分优势，故 -般弃用整嵌而采用交叠嵌线。嵌线顺序见附表 14-1。

附表 14-1　　　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	沉边	1	23	21		19		17		15		13	
	浮边				2		24		22		20		18
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边	11		9		7		5		3			
	浮边		16		14		12		10		8	6	4

14-2 四极 36 槽锥形转子三相电动机双层叠式绕组



彩图 14-2 四极 36 槽锥形转子三相电动机双层叠式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=36$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=36$	线圈组数	$u=12$
每组圈数	$S=3$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=7$
绕组系数	$K_{dp}=0.902$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 14-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是三相 4 极电动机最常用的绕组型式。双层绕组线圈数等于槽数，故线圈数较单层绕组多一倍，嵌线较费工时；但可采用缩短节距来改善电动机的电气性能。绕组采用显极布线，每相由 4 组线圈构成，每组 3 只线圈顺向串联，同相组间的连接是“尾与尾”或“头与头”相接；三相绕组是星形接法，星点在机内，仅引出线 3 根。

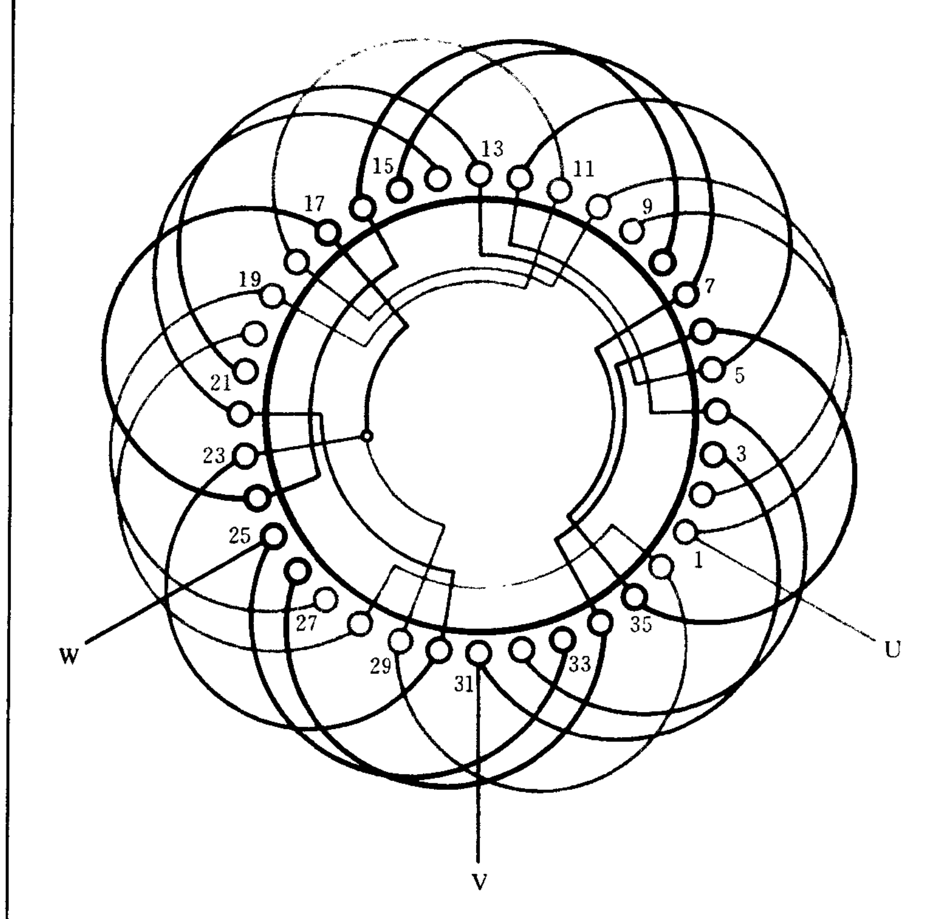
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例为双层叠绕组，应用交叠法嵌线，嵌线是嵌入线圈单边往后退，再嵌 1 边再后退，嵌入 7 只线圈下层边（即吊起 7 个上层边）后，从第 8 只线圈起可整嵌。嵌线顺序见附表 14-2。

附表 14-2　　交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
嵌入槽号	下层	3	2	1	36	35	34	33		32		31		30		29		28		27		26
	上层								3		2		1		36		35		34		33	
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
嵌入槽号	下层		25		24		23		22		21		20		19		18		17		16	
	上层	32		31		30		29		28		27		26		25		24		23		22
嵌绕次序		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
嵌入槽号	下层	15		14		13		12		11		10		9		8		7		6		5
	上层		21		20		19		18		17		16		15		14		13		12	
嵌绕次序		64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
嵌入槽号	下层		4																			
	上层	11		10	9	8	7	6	5	4												

14-3　四极 36 槽锥形转子三相电动机单层交叉式绕组



彩图 14-3　四极 36 槽锥形转子三相电动机单层交叉式绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=36$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=18$	线圈组数	$u=12$
每组圈数	$S=1\frac{1}{2}$	极相槽数	$q=3$
绕组极距	$\tau=9$	线圈节距	$y=8$、7
绕组系数	$K_{dp}=0.96$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=20°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 14-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是显极布线，每相由 2 个大联组和 2 个单联组构成，线圈是不等距，即大联线圈的节距 $y_D=8$，单联线圈节距 $Y_X=7$，大小联线圈组交替轮换对称分布。同相组间极性相反，故接线是反向串联，即"尾接尾"或"头接头"。本例绕组是小型电动机最常用的型式之一，除专用电动机采用外，新老系列电动机也多有应用。主要优点是线圈属全距绕组，但平均节距较短，用线较省；单层绕组有效槽满率比双层高，而且线圈数较少，也利于节省制造成本与工时。

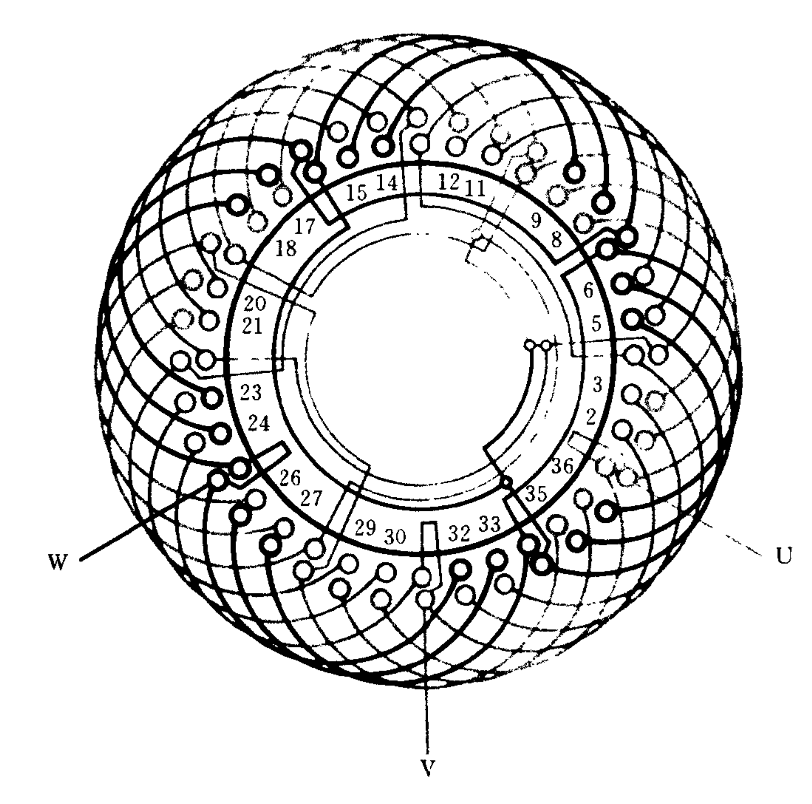
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 3。习惯常从双圈始嵌，即嵌入 2 槽沉边，退空出 1 槽（浮边槽），再嵌入 1 槽沉边，再退空 2 个浮边槽，以后循此规律进行整嵌。嵌线顺序见附表 14-3。

附表 14-3　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	35	32		31		29		26		25		23		20		19
	浮边					4		3		36		34		33		30		28	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边		17		14		13		11		8		7		5				
	浮边	27		24		22		21		18		16		15		12	10	9	6

14-4　四极 36 槽锥形转子三相电动机双层叠式(二路 Y 形)绕组



彩图 14-4　四极 36 槽锥形转子三相电动机
双层叠式（二路 Y 形）绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=36$	电机极数	$2p=4$
总线圈数	$Q=36$	线圈组数	$u-12$
每组圈数	$S-3$	极相槽数	$q-3$
绕组极距	$\tau-9$	线圈节距	$y-7$
绕组系数	$K_{dp}-0.902$	并联路数	a　2
每槽电角	α　2	绕组接法	2Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 14-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例也是三相四极电动机较多应用的绕组之一。每组有 3 只线圈，每相由 1 组线圈分两路并联而成，每一支路则由 2 个反极性的线圈组串联。绕组出线 3 根，接线时从进线端起接并分左右两路进行，但必须确保相邻线圈组极性相反的原则；三相的尾端在机内连成星点。

1. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 7。嵌线顺序见附表 11 4。

附表 14-4　　　　**交　叠　法**

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	36	35	31	33	32	31	30	29		28		27		26		25		24
	上层									36		35		31		33		32	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	31	35	36
槽号	下层		23		22		21		20		19		18		17		16		15
	上层	31		30		29		28		27		26		25		21		23	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下层		14		13		12		11		10		9		8		7		6
	上层	22		21		20		19		18		17		16		15		14	
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	下层		5		4		3		2		1								
	上层	13		12		11		10		9		8	7	6	5	4	3	2	1

彩图 15　民用电梯设施用电机绕组布线接线图

电梯电动机是民用设施中新兴的电机品种，随着建筑产业发展、电梯的设置日增，修理自然也日渐增多。电梯用电动机有三相交流变极电动机和直流电动机。本节介绍的内容仅限于交流变极双速电动机。但由于目前除老系列产品外，对新的电机产品尚未找到系列资料，故本书收入的资料数例除在修理中收集外，有的是友人提供，经整理并绘制成图以供读者修理时参考并作说明如下：

(1) 电梯电动机属交流异步电动机，一般是双速电动机，但有单绕组双速和双绕组双速两种。单绕组双速是通过外部接线使一半线圈反向后改变极数变速；双绕组即是定子铁心槽的上下层分别嵌入两套不同极数且完全独立的三相绕组。

(2) 电梯用电动机目前是用 24/6 极的双速，近年来有用四速电动机，它是由 24/6 极和 4/2 极两套双速绕组构成。

(3) 电梯电动机双速中，6 极是升降工作的转速；24 极仅用于停车前慢速平层，故工作定额为 3min。

(4) 电梯电动机在民用电机中属于大型电机，绕组型式主要采用双层叠式，但目前已出现单层布线的双速绕组。

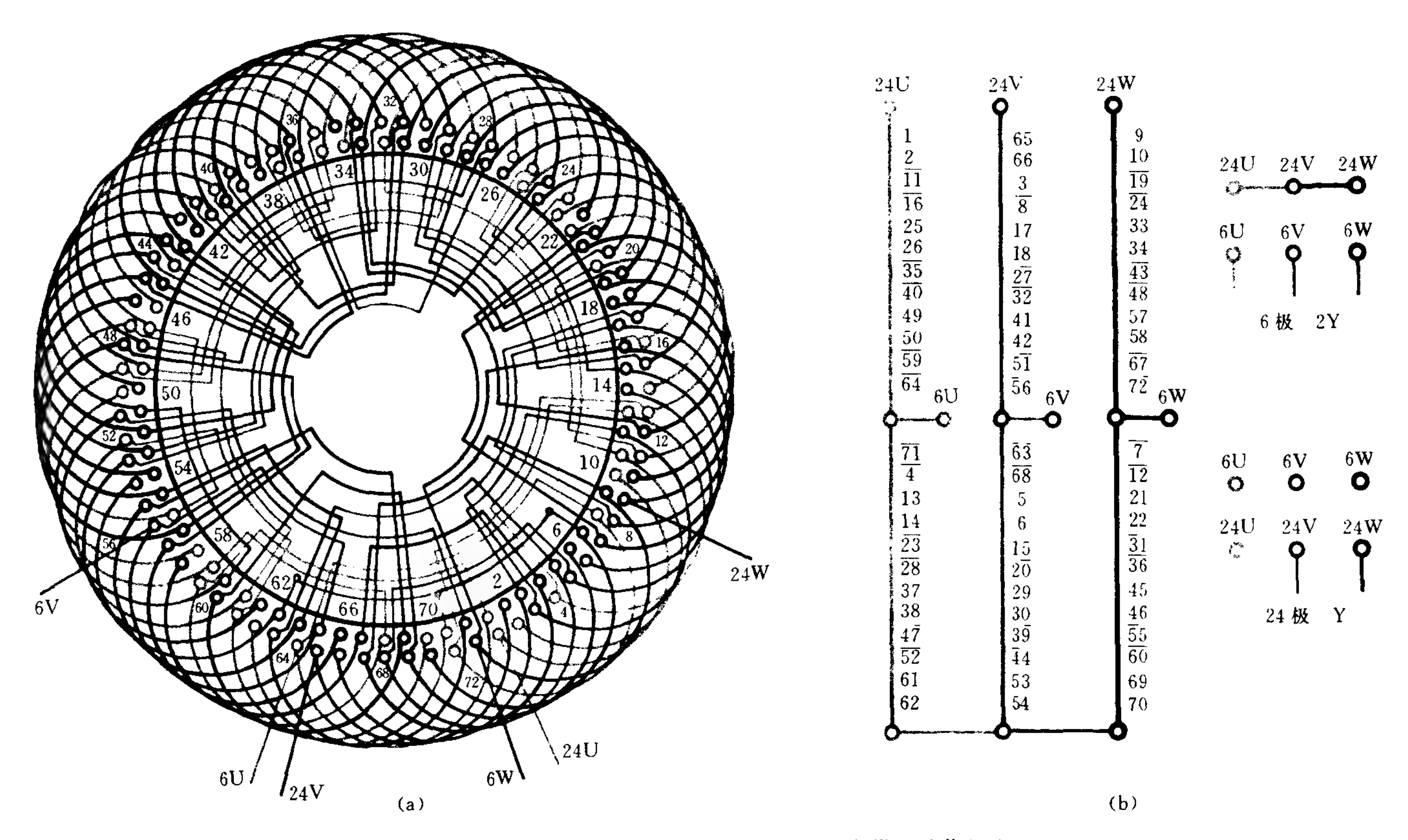
(5) 双速电动机每相有两个变极组，变极时一组要反向(改变极性)，另一组方向不变。而每变极组内的线圈数必须相等，但绕组的每组线圈数有相等或不相等的，要根据绕组排列设计而定。

(6) 24/6 极电梯电动机主要采用 Y/2Y 接线，但绕组有两种分布形式，正规分布绕组如彩图 15 2 所示，它的接线相对较简，但绕组系数低，特别是六极输出功率受影响；目前新产品多用绕组系数较高的非正规分布绕组，它的缺点是线圈组数多，而且是不等圈线圈组，接线非常复杂，且无明显规律可言，唯有按图进行。

(7) 本节内容除电梯电动机外，还包括辅助电机，如开门电动机和测速发电机绕组。

(8) 电动机绕组采用端面模拟画法，并用彩色绘制，其中黄色为 U 相，绿色为 V 相，红色是 W 相。

15-1　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之一



彩图 15-1　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之一

（a）布线接线图；（b）接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=72$　　电机极数　$2p=24/6$

绕组接法　Y/2Y　　总线圈数　$Q=72$

线圈组数　$u=54$　　每组圈数　$S\neq$

线圈节距　$Y=9$

分布系数　$K_{d24}=0.866$　　$K_{d6}=0.892$

节距系数　$K_{p24}=1.0$　　$K_{p6}=0.924$

绕组系数　$K_{dp24}=0.866$　　$K_{dp6}=0.824$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是电梯专用双速电动机绕组，24 极为 120°相带绕组，用反向法获得非正规分布 6 极绕组。绕组是恒转矩变极方案，故采用 Y/2Y 接线，两种转速的转矩比 $T_{24}/T_6=1.05$，功率比 $P_{24}/P_6=0.525$。电梯电动机以 6 极运行，工作定额是 30min，24 极用于慢速平层，工作定额为 3min。此绕组线圈数较多，且每组圈数不等，线圈绕制和接线都比较费时。主要应用于 YTD225M　24/6、YTD225M2－24/6 等。

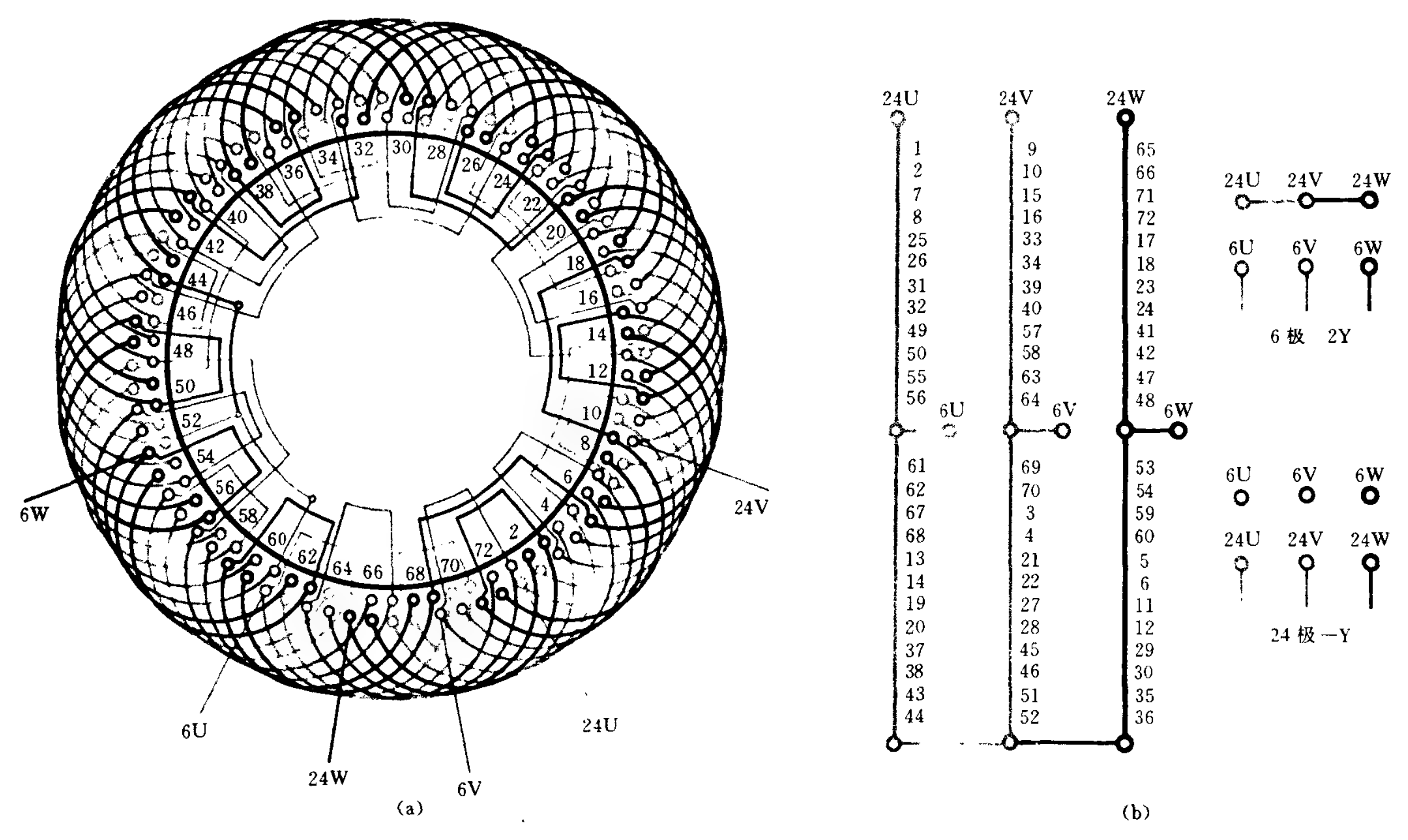
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例是双层叠式绕组，采用交叠法嵌线，吊边数为 9。因绕组由 18 个双圈组和 36 个单圈组构成，故绕制线圈及嵌线时要注意按图进行，以免错嵌造成返工。嵌线顺序见附表 15-1。

附表 15-1　　　　**交　叠　法**

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	2	1	72	71	70	69	68	67	66	65		64		63		62		61
	上层											2		1		72		71	
嵌绕次序		19	20	21	22		···		116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层		60		59		···		12		11		10		9		8		7
	上层	70		69			···			21		20		19		18		17	
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层		6		5		4		3										
	上层	16		15		14		13		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3

15-2　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之二



彩图 15-2　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之二

（a）布线接线图；（b）接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=72$　　电机极数　$2p=24/6$

绕组接法　Y/2Y　　总线圈数　$Q=72$

线圈组数　$u=36$　　每组圈数　$S=2$

线圈节距　$Y=9$

分布系数　$K_{d24}=0.866$　　$K_{d6}=0.701$

节距系数　$K_{p24}=1.0$　　$K_{p6}=0.924$

绕组系数　$K_{dp24}=0.866$　　$K_{dp6}=0.618$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例 24 极是庶极布线，并以此为基准反向排出 6 极，属正规分布的反向变极绕组；绕组采用 Y/2Y 形接线，应属恒矩输出方案，但由于两种极数的绕组系数相差较远，实际输出特性呈变矩输出，即转矩比 $T_{24}/T_6=1.336$，功率比 $P_{24}/P_6=0.668$。此绕组运行档是 6 极，24 极仅用于停车平层的短时工作。绕组由 36 组线圈构成，每组线圈数为 2，每 6 组线圈串联成一变极组，两变极组再串联成一相，其中一半在变极时需反向，另一半在变极时不反向。本例绕组线圈全部是双联组，布线和接线都比上例方便，但 6 极时的绕组系数较低，影响电动机正常工作能力。

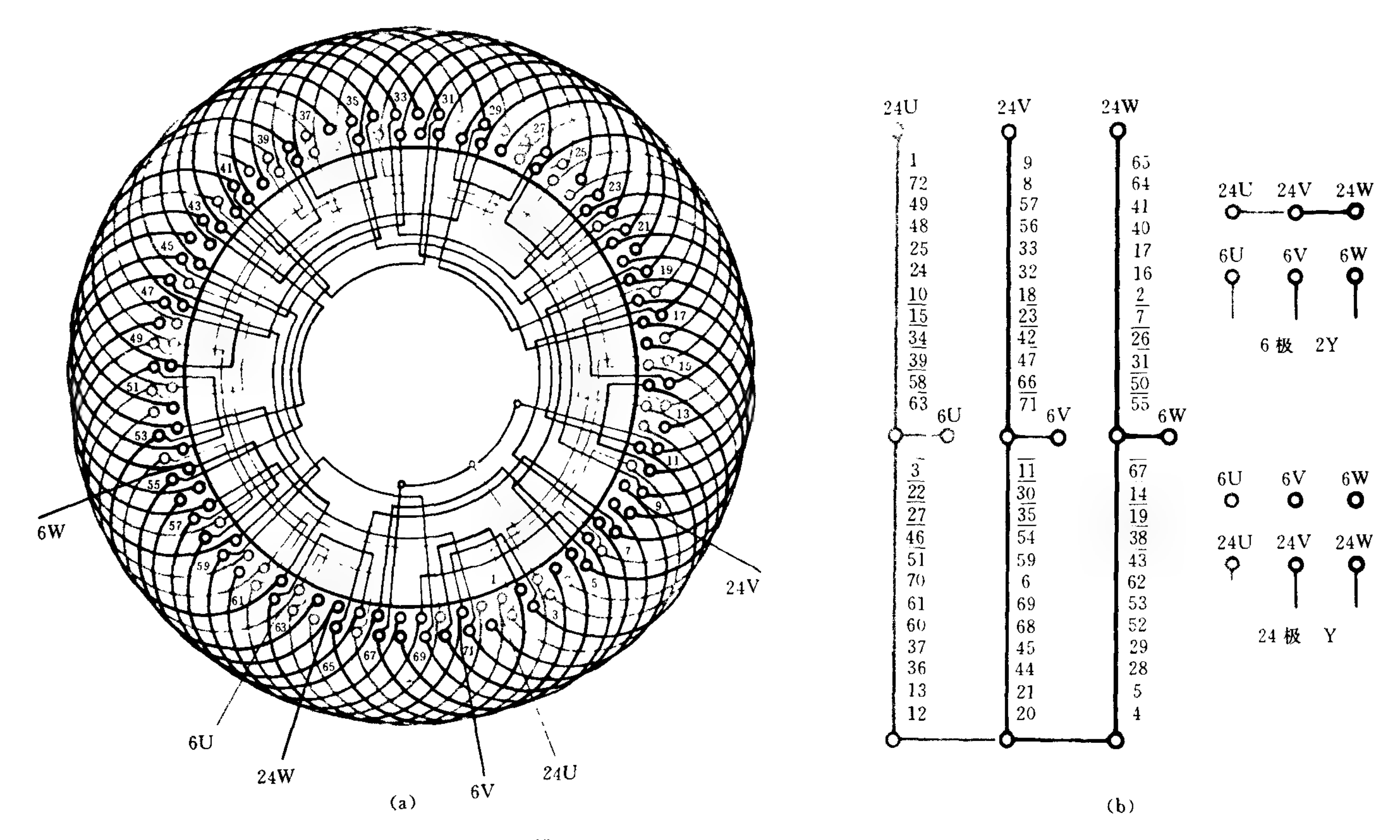
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 9，嵌线顺序见附表 15-2。

附表 15-2　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63		62		61		60		59
	上层											72		71		70		69	
嵌绕次序		19	20	21	22		…		116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层		58		57		…		10		9		8		7		6		5
	上层	68		67			…			19		18		17		16		15	
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层		4		3		2		1										
	上层	14		13		12		11		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

15-3 72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之三



彩图 15-3 72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=9$）电梯双速绕组之三

(a) 布线接线图（本例以上层边槽号代表线圈号）；(b) 接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=72$	电机极数	$2p=24/6$
绕组接法	Y/2Y	总线圈数	$Q=72$
线圈组数	$u=54$	每组圈数	$S\neq$
线圈节距	$Y=9$		
分布系数	$K_{d24}=0.866$	$K_{d6}=0.892$	
节距系数	$K_{p24}=1.0$	$K_{p6}=0.921$	
绕组系数	$K_{dp24}=0.866$	$K_{dp6}=0.824$	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例由 36 个单圈组和 18 个单圈组构成，接线时将 24 极时不同极性线圈组分路接线，即“＋”极性线圈组顺时针接线；“－”极性线圈组则反时针走线。绕组采用恒矩变极接线，两种转速下的转矩比 $T_{24}/T_6=1.05$，功率输出比 $P_{24}/P_6=0.525$。此绕组的绕组系数高于上例而与彩图 15-1 持平，但接线较简化。

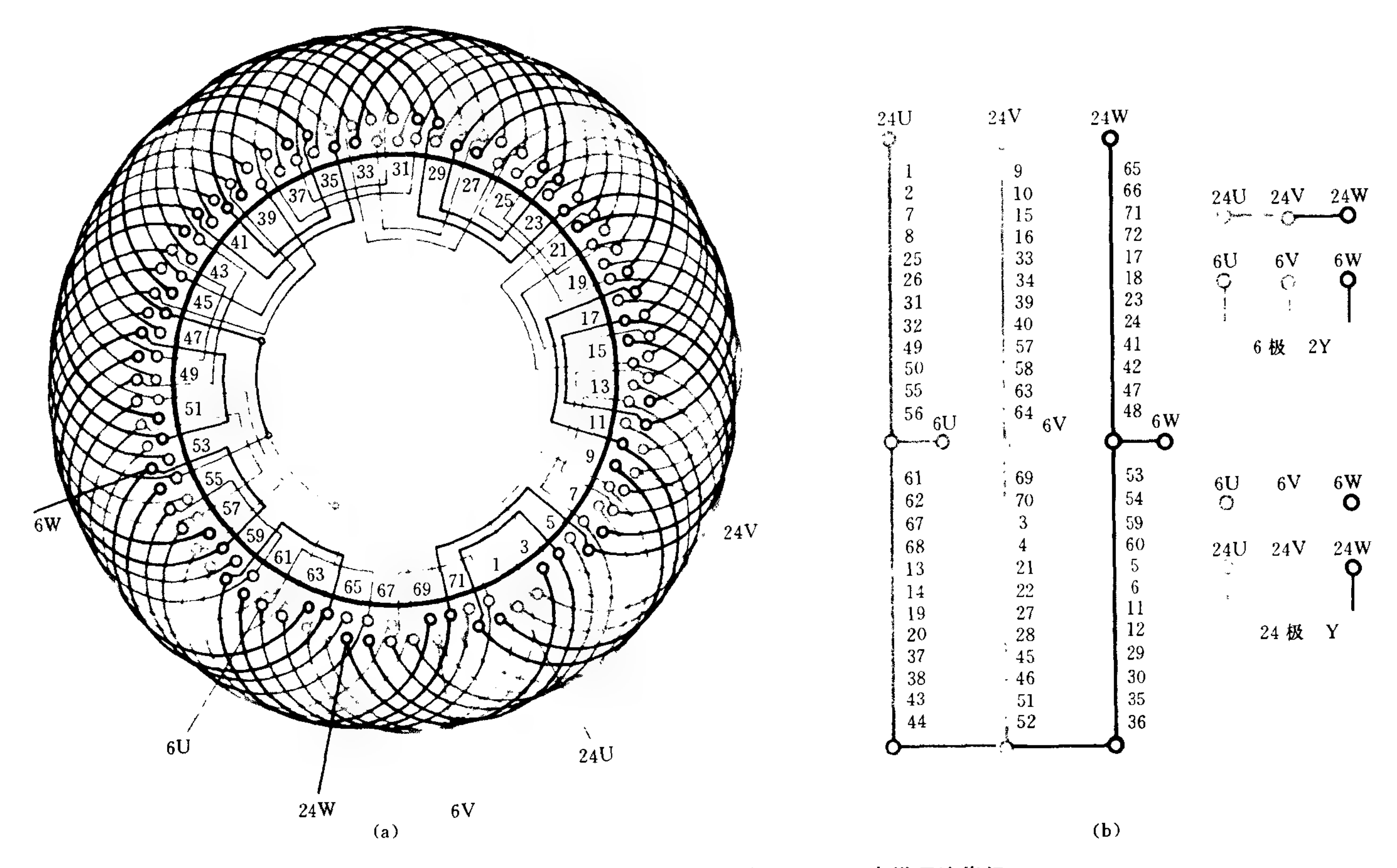
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，嵌线吊边数为 9。嵌线时大、小联按 2 1 1 2 1 1 2 1 1 的规律嵌线。嵌线顺序见附表 15-3。

附表 15-3　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	3	2	1	72	71	70	69	68	67		66		65		64		63
	上层											4		3		2		1	
嵌绕次序		19	20	21	22		…		116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层		62		61		…		14		13		12		11		10		9
	上层	72		71			…			23		22		21		20		19	
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层		8		7		6		5										
	上层	18		17		16		15		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

15-4　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=10$）电梯双速绕组



彩图 15-4　72 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（$Y=10$）电梯双速绕组

（a）布线接线图；（b）接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=72$　　电机极数　$2p=24/6$

绕组接法　Y/2Y　　总线圈数　$Q=72$

线圈组数　$u=36$　　每组圈数　$S=2$

线圈节距　$Y=10$

分布系数　$K_{d21}=0.866$　　$K_{d6}=0.701$

节距系数　$K_{p21}=0.866$　　$K_{p6}=0.966$

绕组系数　$K_{dp21}=0.75$　　$K_{dp6}=0.677$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用正规分布反向变极方案，故绕组系数较低，不利于运行出力，但绕组接线简便，每组均由双圈组成，每 6 组双圈串成一变极组，再由两变极组串联成一相绕组。本例原按恒矩设计，但因两种极数下的绕组系数相差较远，故电动机实际成为变矩输出，转矩比 $T_{21}/T_6=1.336$，功率比 $P_{21}/P_6=0.668$。

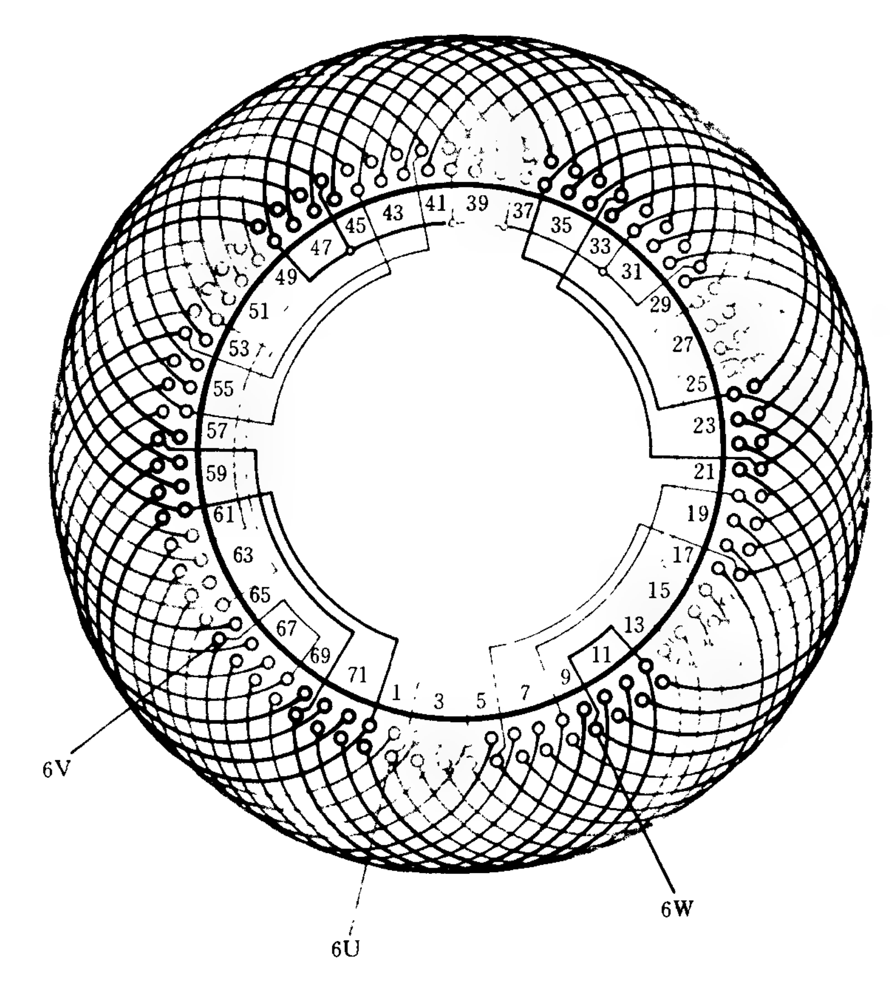
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 10。嵌线顺序见附表 15-4。

附表 15-4　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	72		71		70		69	
	上层												10		9		8		7
嵌绕次序		19	20	21	22		…		116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层	68		67			…			19		18		17		16		15	
	上层		6		5		…		30		29		28		27		26		25
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层	14		13		12		11											
	上层		24		23		22		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11

15-5 72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 6 极绕组 2Y 接线



彩图 15-5 72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 6 极绕组 2Y 接线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=72$	电机极数	$2p=6$
绕组接法	2Y	总线圈数	$Q=72$
线圈组数	$u=18$	每组圈数	$S=4$
极相槽数	$q=4$	并联路数	$a=2$
绕组极距	$\tau=12$	线圈节距	$Y=12$
分布系数	$K_{d6}=0.958$	节距系数	$K_{p6}=1.0$
绕组系数	K_{dp6} 0.958		

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是国产电梯用的双绕组双速电动机配套的 6 极绕组。绕组采用全距线圈，使绕组系数达到最大值，但无法消除磁势中的三次谐波影响，是不利于电动机运行的，故在普通三相交流异步电动机中极为罕见，而本例是资料提供数据绘制的，重绕时改为短距布线可能更趋合理。因系专用绕组，星点在内部连接，仅引出线 3 根。

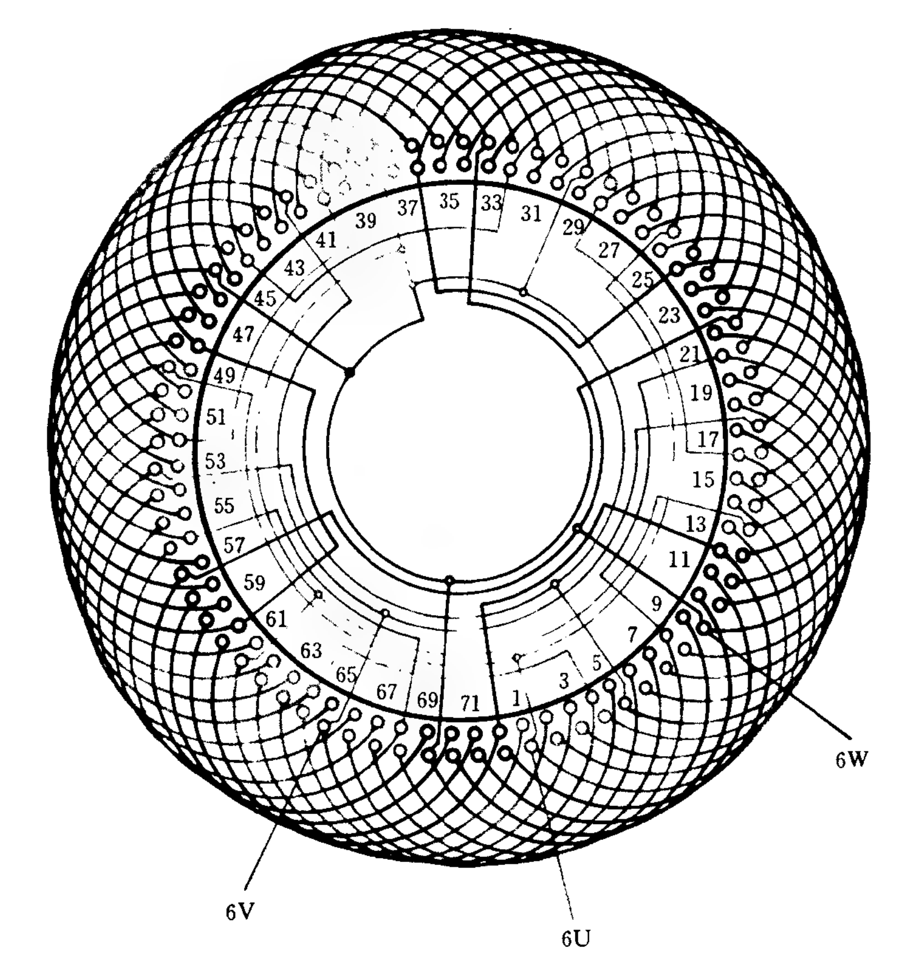
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 12。嵌线顺序见附表 15 5。

附表 15 5　　交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	4	3	2	1	72	71	70	69	68	67	66	65	64		63		62	
	上层														4		3		2
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24		…		118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层	61		60		59			…			11		10		9		8	
	上层		1		72		71		…		24		23		22		21		20
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层	7		6		5													
	上层		19		18		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5

15-6　72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 6 极绕组 3Y 接线



彩图 15-6　72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 6 极绕组 3Y 接线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=72$　　电机极数　$2p=6$

绕组接法　3Y　　总线圈数　$Q=72$

线圈组数　$u=18$　　每组圈数　$S=4$

极相槽数　$q=4$　　并联路数　$a=3$

绕组极距　$\tau=12$　　线圈节距　$Y=12$

分布系数　$K_{d6}=0.958$　　节距系数　$K_{p6}=1.0$

绕组系数　$K_{dp6}=0.958$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-6。

3. 绕组结构及布接线特点

此绕组特点与上例基本相同，也是全距布线，磁势中的三次谐波分量较大，直接影响电动机的运行性能，如重绕可考虑改为短距绕组，但宜征求厂家意见。绕组采用三路并联，每支路由 2 组极性相反且同相相邻的线圈组串联而成。该绕组主要用于 24/6 极双绕组双速电梯电动机配套，故星点在内部连接，引出线仅三根。

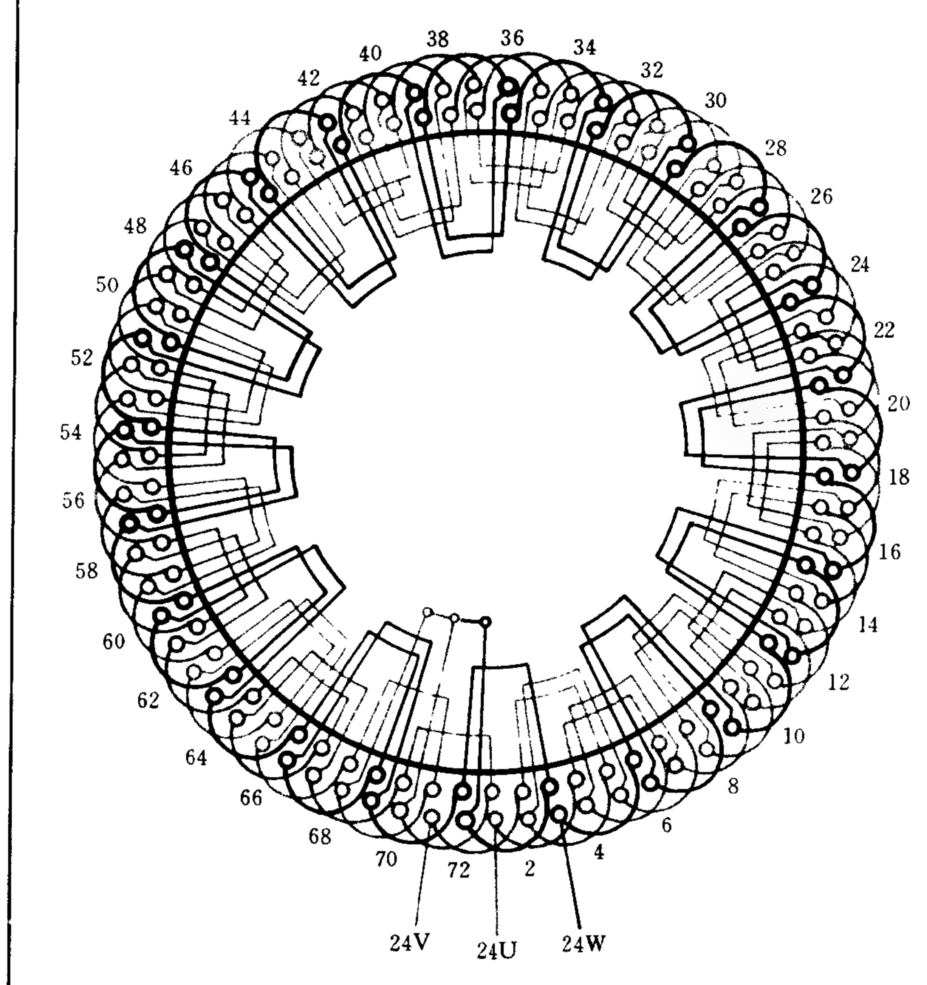
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例采用交叠法嵌线，吊边数为 12。嵌线顺序见附表 15-6。

附表 15-6　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60		59		58	
	上层														72		71		70
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24		…		118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层	57		56		55			…			7		6		5		4	
	上层		69		68		67		…		20		19		18		17		16
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层	3		2		1													
	上层		15		14		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

15-7 72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 24 极绕组 Y 形接线



彩图 15-7 72 槽 24/6 极电梯双绕组双速之 24 极绕组 Y 形接线

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=72$　　电机极数 $2p-24$

绕组接法 Y 形　　总线圈数 $Q=72$

线圈组数 $u-72$　　每组圈数 $S-1$

极相槽数 $q=1$　　并联路数 $a=1$

绕组极距 $\tau=3$　　线圈节距 $Y=3$

分布系数 $K_{d21}=1.0$　　节距系数 $K_{p21}=1.0$

绕组系数 K_{dp21} 1.0

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15 7。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组每极每相仅有 1 槽，无法采用短距布线，故形成具有特殊型式的双层绕组，即每线圈组只有 1 只线圈，故又称双层链式绕组。双链绕组常见于单相电动机，在三相电机中较为少用，本例是民用电梯用的 24/6 极双绕组双速电动机的 24 极配套绕组，是用作电梯平层停车之用。绕组是 一路串联 Y 形接线，星点在内部连接，引出线仅出 3 根。本绕组与彩图 15-5 结合构成 24/6 极 Y/2Y 接线的双速绕组；与彩图 15 6 构成 24/6 极 Y/3Y 接线的双速绕组。布线时将 6 极绕组安排在槽的下层，衬垫足够绝缘后再把 24 极绕组布于面层。

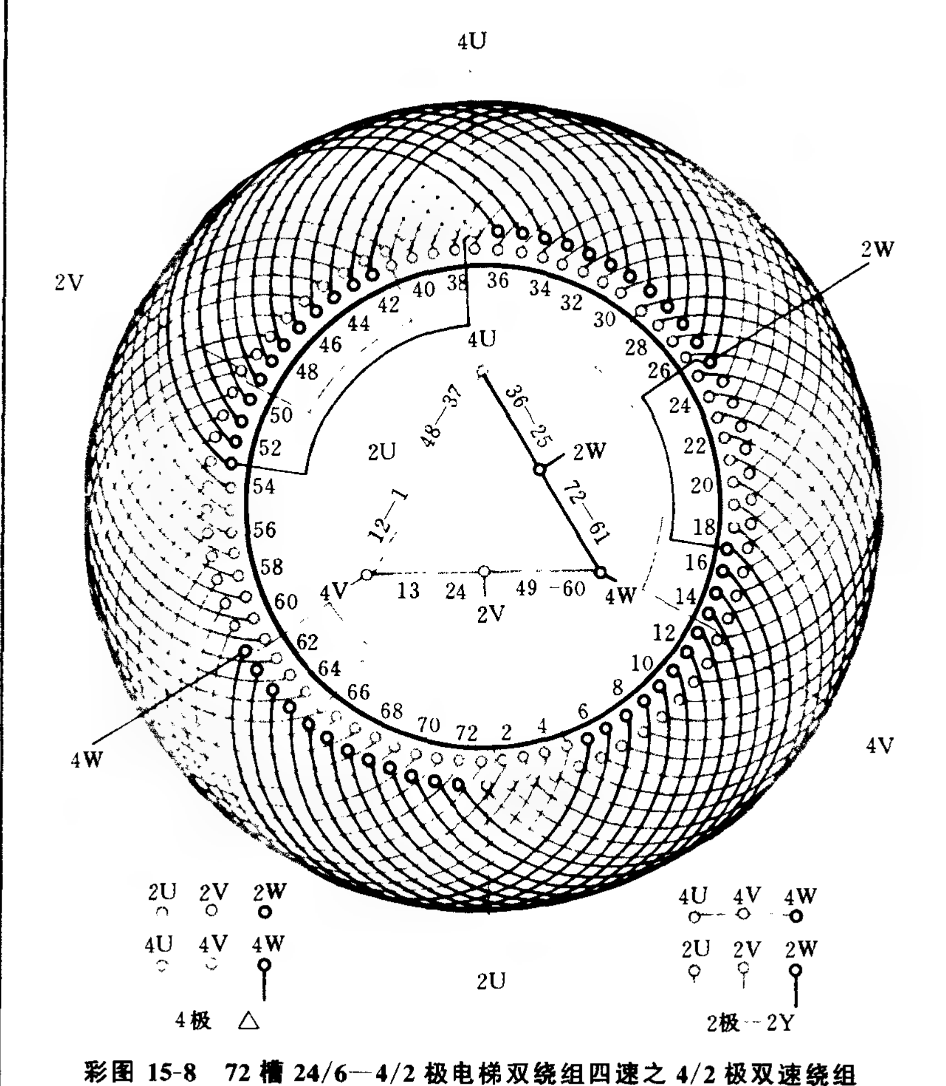
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕圈绕制可用分组连绕，如每相分 6 组，每组 4 只线圈，这样可减少连接线头，既省工又省时，但绕制线圈的过线要留足够长度，嵌线时要三相轮换嵌入，同时还要注意该线圈的极性应符合双叠绕组的接线规律。嵌线采用交叠法，吊边数为 3。嵌线顺序见附表 15 7。

附表 15 7　　交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	72	71	70		69		68		67		66		65		64		63
	上层					1		72		71		70		69		68		67	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24		…		118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层		62		61		60		…		13		12		11		10		9
	上层	66		65		64			…			16		15		14		13	
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层		8		7		6		5		4		3		2				
	上层	12		11		10		9		8		7		6		5	4	3	2

15-8　72 槽 24/6—4/2 极电梯双绕组四速之 4/2 极双速绕组



彩图 15-8　72 槽 24/6—4/2 极电梯双绕组四速之 4/2 极双速绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=72$	电机极数	$2p=4/2$
绕组接法	Δ/2Y	总线圈数	$Q=72$
线圈组数	$u=6$	每组圈数	$S=12$
线圈节距	$Y=17$		
分布系数	$K_{d4}=0.837$	$K_{d2}=0.955$	
节距系数	$K_{p1}=0.996$	$K_{p2}=0.676$	
绕组系数	$K_{dp4}=0.834$	$K_{dp2}=0.646$	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为 72 槽四速电梯双绕组中的 4/2 极绕组，2 极是显极绕组，4 极为庶极绕组。每相由 2 个变极组构成，每组有线圈 12 只。4 极是 -路△形接线，电源从 4U、4V、4W 进入，而 2U、2V、2W 留空不接；2 极是 二路星形接线，则把 4U、4V、4W 连接成星点，电源从 2U、2V、2W 接入，接线见端接示意图。绕组每相仅 2 组，接线比较简单，通常是按 4 极接线，然后再抽出 2 极线头。此绕组是属变矩负载特性。

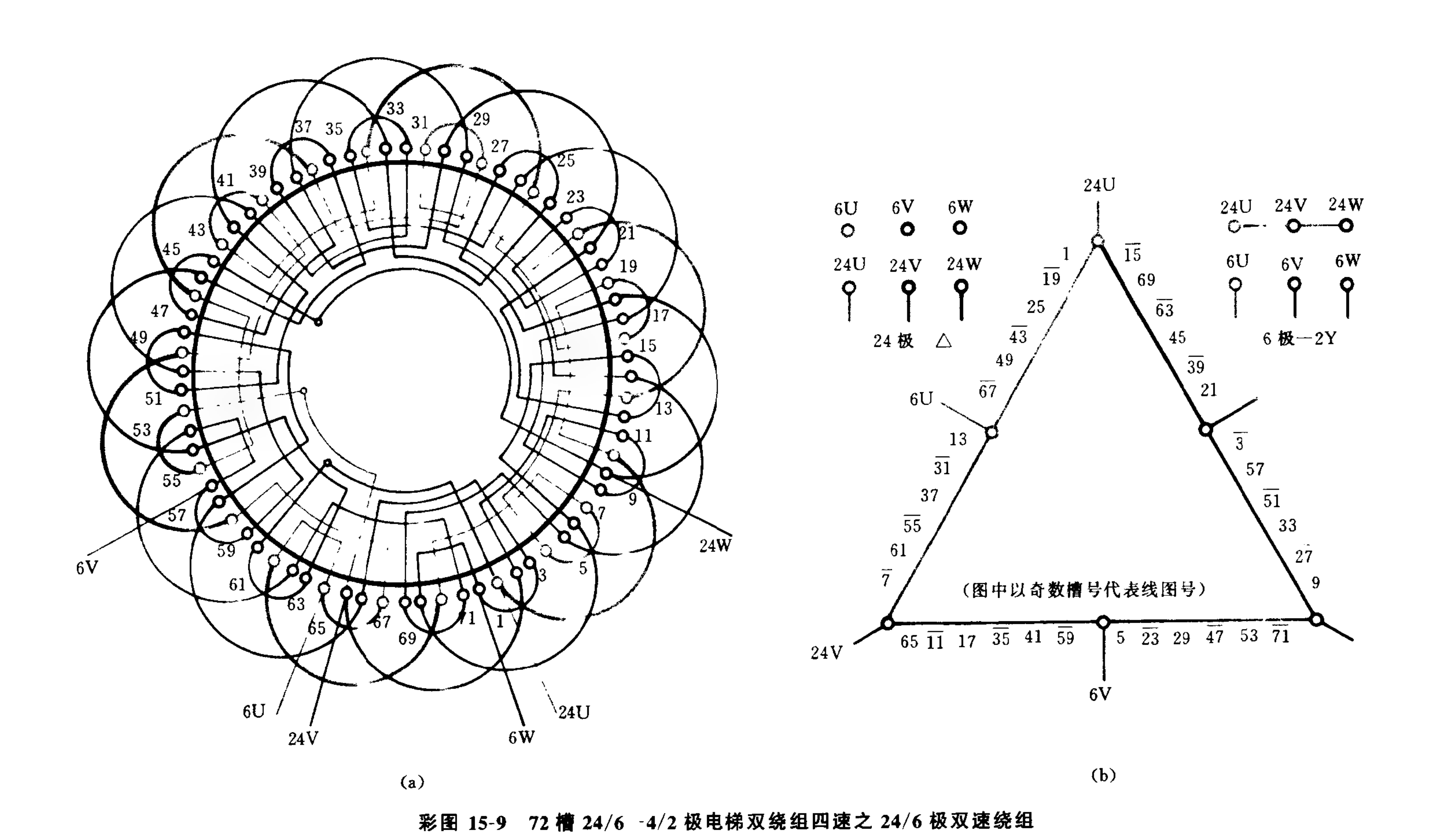
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，吊边数为 17。嵌绕次序见附表 15 8。

附表 15-8　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	72	71	70	69	68	67
	上层																		
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24		···		118	119	120	121	122	123	124	125	126
槽号	下层		66		65		64		···			34		33		32		31	
	上层	12		11		10			···		17		16		15		14		13
嵌绕次序		127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
槽号	下层																		
	上层	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13

15-9　72 槽 24/6—4/2 极电梯双绕组四速之 24/6 极双速绕组



彩图 15-9　72 槽 24/6—4/2 极电梯双绕组四速之 24/6 极双速绕组

(a) 布线接线图；(b) 接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=72$　　电机极数　$2p=24/6$

绕组接法　Y/2Y　　总线圈数　$Q=36$

线圈组数　$u=36$　　每组圈数　$S=1$

线圈节距　$Y_1=3$　　$Y_2=9$

绕组系数　$K_{dp24}=1$　　$K_{dp6}-0.958$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是新近出现在国产电梯双绕组四速电动机上，24/6 极 Y/2Y 接线采用单层布线，它与上例的 4/2 极构成四速，并将 4/2 极绕组安排在槽的下层，24/6 极绕组在槽面层。本绕组由两种节距线圈构成类似于同心线圈的形式，但它不是同心线圈组，而且大小两线圈分别归属于不同的变极组。所以接线要按图进行，使同相的大线圈与相邻小线圈反极性串联。例如设大线圈电流方向是顺时针，则小线圈电流方向要逆时针流向。此绕组总线圈数仅为双层绕组的一半，故嵌绕都较双层方便。电动机双速特性为变转矩输出，转矩比 $T_{21}/T_6-1.8$，功率比 $P_{21}/P_6=0.9$。

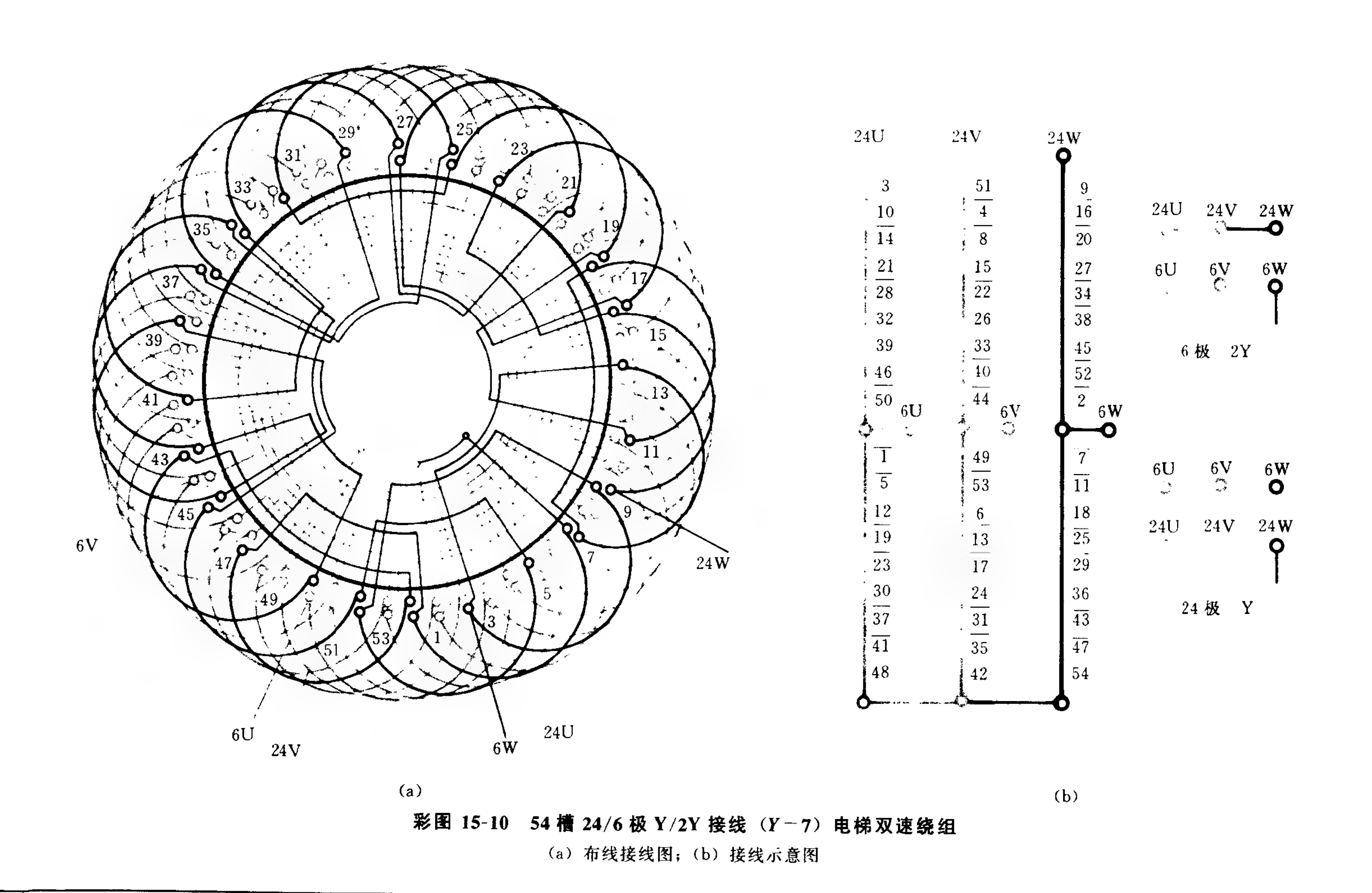
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用分层嵌线，先将大节距线圈交叠嵌入相应槽内，吊边数为 2；小节距线圈则整嵌于面。线圈交叠处及上下层之间必须衬垫绝缘。绕组嵌线顺序见附表 15-9。

附表 15-9　　　　**分　层　法**

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	69	65	2	61	70	57	66	53	62	49	58	45	54	41	50	37	46
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	33	42	29	38	25	34	21	30	17	26	13	22	9	18	5	14	10	6
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	上层	72	3	68	71	64	67	60	63	56	59	52	55	48	51	44	47	40	43
嵌绕次序		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
槽号	上层	36	39	32	35	28	31	24	27	20	23	16	19	12	15	8	11	4	7

15-10　54 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（Y=7）电梯双速绕组



彩图 15-10　54 槽 24/6 极 Y/2Y 接线（Y−7）电梯双速绕组

(a) 布线接线图；(b) 接线示意图

1. 电机绕组主要参数

定子槽数　$Z=54$　　电机极数　$2p=24/6$

绕组接法　Y/2Y　　总线圈数　$Q=54$

线圈组数　$u=54$　　每组圈数　$S=1$

线圈节距　$Y=7$

分布系数　$K_{d24}=0.776$　　$K_{d6}=0.844$

节距系数　$K_{p24}=0.997$　　$K_{p6}=0.94$

绕组系数　$K_{dp24}=0.764$　　$K_{dp6}=0.793$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是交流电梯双速电动机中槽数较少的绕组，每组仅有一只线圈，由于线圈组数多，绕组接线非常繁琐，故本例将每变极组中同极性和反极性的线圈分别串联，从而使接线得以简化。本绕组采用 Y/2Y 接法，是同转向变极方案，变速特性属恒矩输出，两种转速下的转矩比 $T_{24}/T_6=0.963$，功率比 $P_{24}/P_6=0.481$。即低速时的功率输出较小，故仅用于停车前平层的短时工作，正常运行则用 6 极。

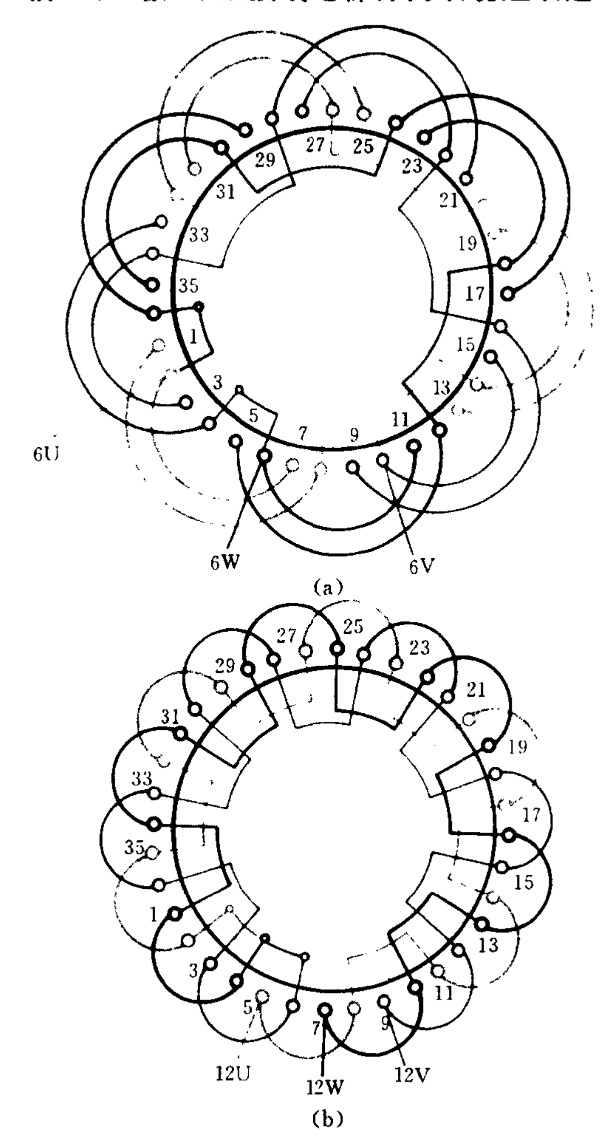
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠法嵌线，先嵌下层边，嵌好一槽向后退，嵌至第 8 槽线圈开始整嵌。嵌线顺序见附表 15-10。

附表 15-10　　　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	54	53	52	51	50	49	48		47		46		45		44		43
	上层									1									
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26		…		84	85	86	87	88	89	90
槽号	下层		42		41		40		39		…		10		9		8		7
	上层										…			17		16		15	
嵌绕次序		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
槽号	下层		6		5		4		3		2								
	上层	14		13		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2

15-11　36 槽 12/6 极 Y/△接线电梯开门双绕组双速电动机绕组



彩图 15-11　36 槽 12/6 极 Y/△接线电梯开门双绕组双速电动机绕组

(a) 六极 (△)；(b) 十二极 (Y)

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=36$	电机极数	$2p=12/6$
12 极接法	Y 形	6 极接法	△形
12 极圈数	$Q_{12}=18$	6 极圈数	$Q_6=18$
线圈组数	$u_{12}=18$	线圈组数	$u_6=9$
每组圈数	$S_{12}=1$	每组圈数	$S_6=2$
12 极节距	$Y_{12}=3$	6 极节距	$Y_6=7$、5
绕组系数	$K_{dp12}=1.0$	$K_{dp6}=0.966$	

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-11。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是电梯开门用的双速电动机，绕组是由二套独立的庶极绕组构成。其中安排在下层的是六极绕组，它是单层庶极同心式布线，每相由 3 组线圈串联而成，每组由同心式双圈组成，组间连接极性相同，即“尾与头”相接，三相再接成一路△形，角点在内连接引出线三根。12 极绕组安排在槽的上层，绕组采用单层庶极链式布线，即每组 1 只线圈，接线也是要求线圈极性相同，故是“头与尾”相接，三相连成一路 Y 形，星点在内，引出线三根。

4. 绕组嵌绕工艺要点

(1) 六极绕组嵌线。绕组可采用交叠法或整嵌法，但交叠嵌线需吊起 2 边；整嵌法若用隔组整嵌构成的双平面将有一组线圈跨于两平面上，不可取；若逐相分嵌便构成三面结构，由于层次多，不利于 12 极绕组的整入，故本例还是采用交叠嵌线。嵌线顺序见附表 15-11a。

(2) 十二极绕组嵌线。嵌线也有两种方法，但整嵌法无需吊边，且能构成双平面绕组，故本例采用。嵌线顺序见附表 15-11b。

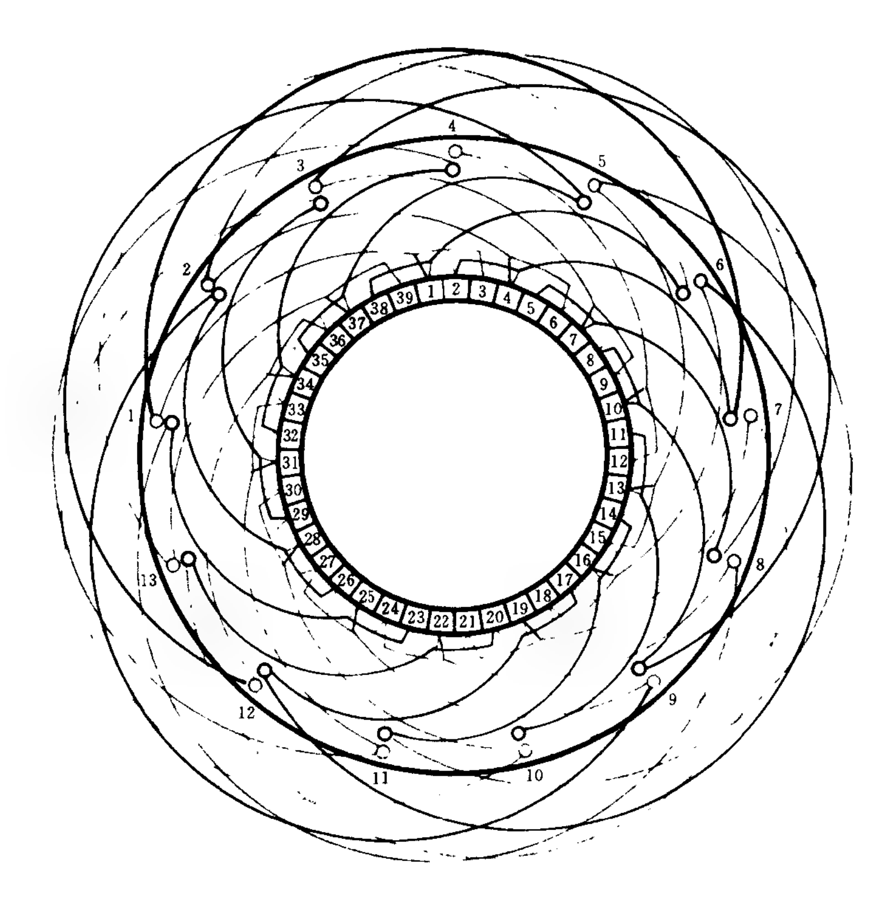
附表 15-11a　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	2	1	34		33		30		29		26		25		22		21	
	浮边				3		4		35		36		31		32		27		30
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边	18		17		14		13		10		9		6		5			
	浮边		23		24		19		20		15		16		11		12	7	8

附表 15-11b　　整　嵌　法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号下平面	1	4	33	36	29	32	25	28	21	24	17	20	13	16	9	12	5	8
嵌绕次序	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号上平面	3	6	35	2	31	34	27	30	23	26	19	22	15	18	11	14	7	10

15-12　13×3 槽直流测速发电机电枢绕组



彩图 15-12　13×3 槽直流测速发电机电枢绕组

1. 电机绕组主要参数

转子槽数　$Z=13$　　电机极数　$2p=2$

换向片数　$K=39$　　每圈元件　$u=3$

实槽节距　$Y-6$　　换向节距　$Y_k=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例系偏移引接的单叠绕组。电机极距为分数，即 $\tau=6\frac{1}{2}$ 槽，绕组采用缩短半槽节距，利于节省材料，属短距绕组线圈。绕组每线圈由 3 元件组成，为避免引接线交叉重叠而采用右行连接，槽 1 上层边的 3 元件分别引接到换向片 1、2、3 号；该线圈跨距槽 7 的 3 元件尾线则分别对应接入换向片 2、3、4。同理，第 2 只线圈嵌入槽 2　8，其上层边 3 元件分别接入换向片 4、5、6，其余由此类推。

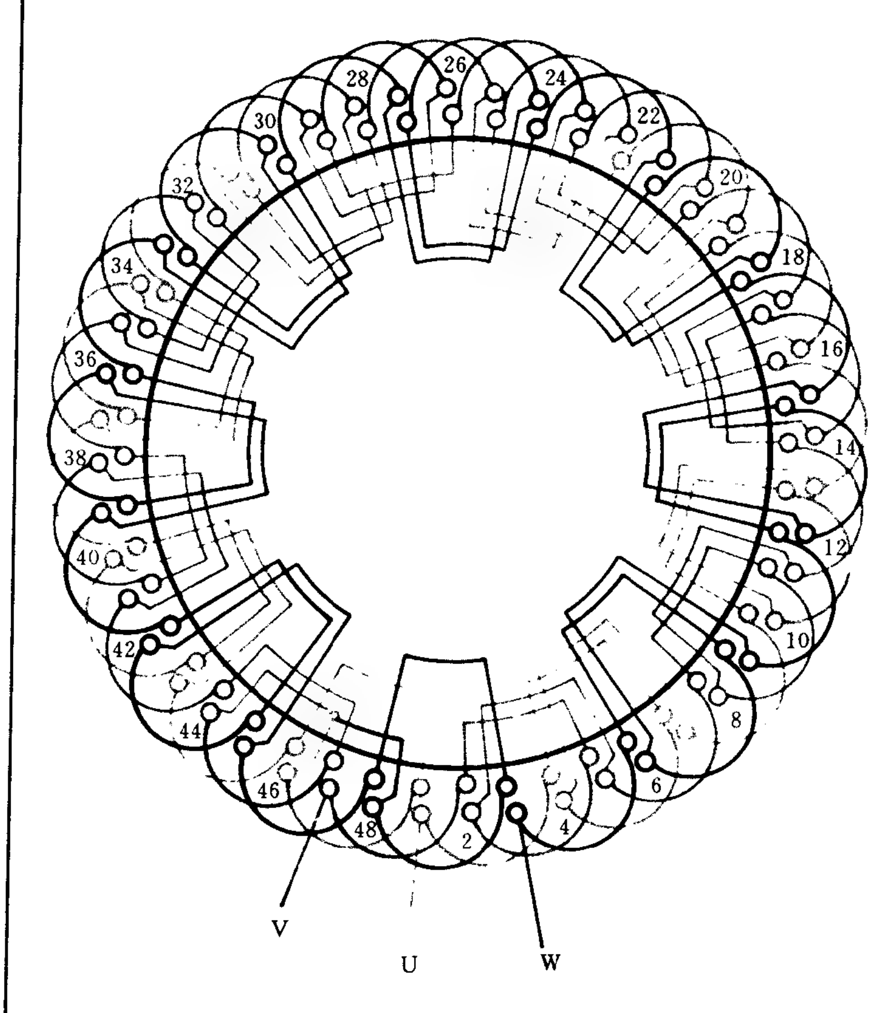
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用双层交叠法嵌线，吊边数为 6。嵌线顺序见附表 15-12。

附表 15-12　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10	
	上层								1		2		3		4
嵌绕次序		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
槽号	下层	11		12		13									
	上层		5		6		7	8	9	10	11	12	13		

15-13 48 槽 16 极交流测速发电机双链绕组



彩图 15-13 48 槽 16 极交流测速发电机双链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z－48$　　电机极数 $2p=16$

绕组接法 Y 形　　总线圈数 $Q=48$

线圈组数 $u=48$　　每组圈数 S -1

线圈节距 $Y－3$　　绕组极距 $\tau=3$

绕组系数 $K_{dp}－1$　　并联路数 $a－1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线图见彩图 15 13。

3. 绕组结构及布接线特点

本例为三相绕组，是双层叠绕的特殊形式，每线圈组仅有一只线圈。虽然线圈较多，但由 于节距较短，嵌线并不会困难。通常是将每相 16 只线圈连绕，如制模困难，也可每相分几组连绕，但嵌线时 -定要根据极性嵌入，即同相相邻线圈必须反极性串联。此绕组采用 -路 Y 形接线，星点内连，仅引出线 3 根。

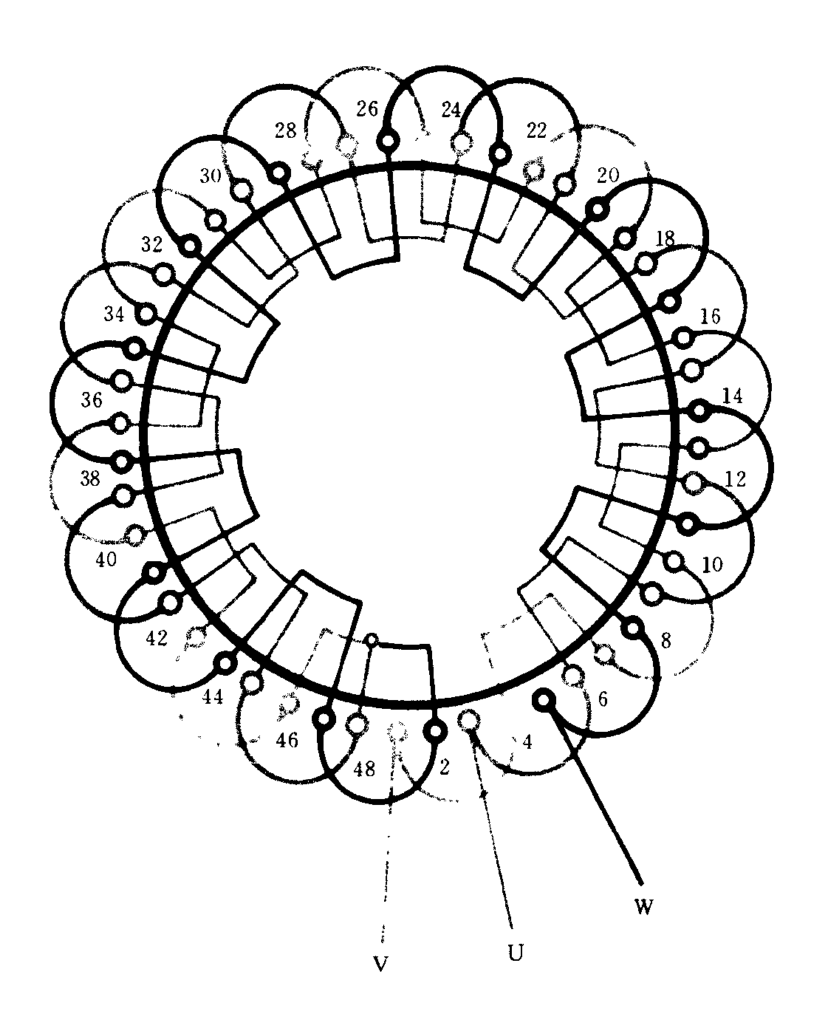
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用交叠嵌法，吊边数为 3。嵌线顺序见附表 15-13。

附表 15-13　　交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	3	2	1	48		47		46		45		44		43		42		41
	上层					3		2		1		48		47		46		45	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26		…		72	73	74	75	76	77	78
槽号	下层		40		39		38		37		…		14		13		12		11
	上层	44		43		42		41			…			17		16		15	
嵌绕次序		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
槽号	下层		10		9		8		7		6		5		4				
	上层	14		13		12		11		10		9		8		7	6	5	4

15-14 48 槽 16 极交流测速发电机单链绕组



彩图 15-14 48 槽 16 极交流测速发电机单链绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=48$	电机极数	$2p=16$
绕组接法	Y 形	总线圈数	$Q=24$
线圈组数	$u=24$	每组圈数	$S=1$
线圈节距	$Y=3$	绕组极距	$\tau=3$
绕组系数	$\dot{K}_{dp}=1$	并联路数	$a=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 15-14。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是单层庶极布线三相绕组，采用链式布线，每相由 8 只线圈对称分布于定子圆周，因是庶极布线，8 只线圈应顺向串联形成 16 极，即接线时是“尾与头”相接，使所有线圈极性一致。绕组三相尾端在机内连接成星点，引出线 3 根。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组的实际嵌线是用交叠法，嵌线吊边数为 1。嵌线顺序见附表 15-14a。

重绕时，此绕组也可改用无需吊边的整嵌法，形成双平面绕组。嵌线顺序见附表 15-14b。

附表 15-14a 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	1	47		45		43		41		39		37		35		33		31
	浮边			2		48		46		44		42		40		38		36	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边		29		27		25		23		21		19		17		15		13
	浮边	31		32		30		28		26		24		22		20		18	
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	沉边		11		9		7		5		3								
	浮边	16		14		12		10		8		6	4						

附表 15-14b 整 嵌 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	3	6	47	2	43	46	39	42	35	38	31	34	27	30	23	26	19	22
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面	15	18	11	14	7	10												
	上平面							5	8	1	4	45	48	41	44	37	40	33	36
嵌绕次序		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
槽号	下平面																		
	上平面	29	32	25	28	21	24	17	20	13	16	9	12						

彩图 16　单相国产系列串励电动机电枢绕组布线接线图

单相国产系列串励电动机系指一般用途的新老产品系列，它包括G系列和G型、U型、SU型等老系列电动机电枢绕组的布线接线图例。由于此类电枢不同于其他交流（单相或三相）绕组具有固定不变的布接线规律和形式，再加之生产厂家众多，特别是早期产品未能统一规范设计，致使同一规格中可能出现基准槽中心与 n 片中心的相对偏移。所以，重绕修理一定要按原始记录进行修复，而本节图例仅供参考。

串励电动机虽可用于单相交流电源，但结构则类属直流串励电动机，它的定子是凸极，采用集中式绕组，而电枢则用单叠绕组布线。为方便读者使用图例，特作如下说明：

（1）电枢绕组的标题。本书采用复合形式标题表述串励电枢绕组的主要技术参数，例如"二极 11×3 槽"表明此电动机为二极，转子实槽数是11槽，每槽有3个元件，虚拟槽数为（11×3＝）33槽，并且说明此换向器有33片换向片。

（2）本节彩图用四色绘制，其中黑色外圆代表转子铁心外径；中心小圆是转子心轴，中间分格双圈表示换向器。靠近转子外缘的彩色小圈代表线圈在槽中的有效边，连接两有效边（小圈）的弧线是线圈的端部，并用不同色彩画出，以示清晰醒目，便于区分；但为了突出电枢布接线的基准关系，特将第1槽线圈用黑色线条绘出。

（3）转子装配结构是指转子铁心与换向器相对位置的关系，即槽中心线与换向器云母片中心线重合者为A类，槽中心线与换向片中心线重合属B类。

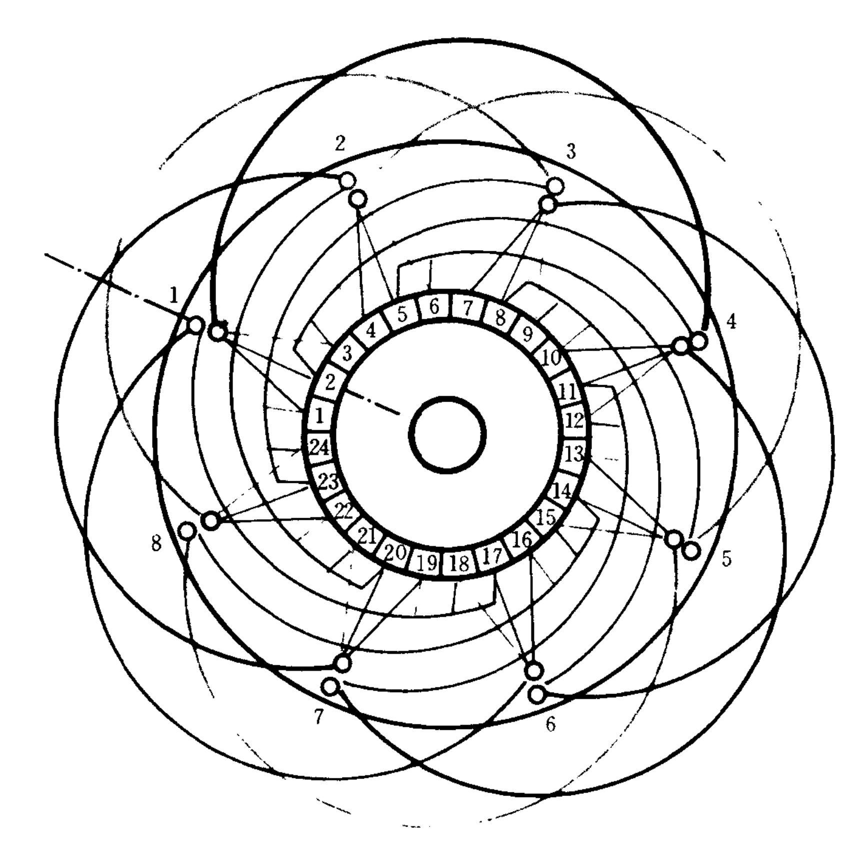
（4）单相串励电枢绕组为不对称接线，为表示线圈与换向片位置，常以1号线圈所在槽为基准表述，并称左侧有效边所在槽为（起）始槽；右侧有效边所在槽为跨距槽。图例的基准槽用中心线标示。

（5）线圈各元件到换向器的接线是以基准槽中心线"正对"或"借偏"接入，通常有两种表示形式，一是以每槽所占换向片数 n 片的中心线与基准槽中心线的偏移片数表示借偏；另一是以1号换向片中心线与槽中心线借偏。因前者较规范，为本书采用。

（6）串励电枢嵌绕工艺主要用手绕，即用 n 根绝缘导线并行跨节距嵌绕，每一并绕导线为一元件；对直径较大及转速较高的转子，为获得较好的动平衡，也有用线模以 n 根导线并列绕制线圈再嵌绕。

（7）线圈由 n 个元件组成，并分别对应接到换向片，例图则用 n 种彩色线条画出，其中1号槽线圈（黑色）的第1元件首端接入的换向片编号设定为1号片，第2元件为2号片。其余由此类推。

16-1　单相串励系列二极 8×3 槽电枢绕组



彩图 16-1　单相串励系列二极 8×3 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=8$　　虚拟槽数　$Z_0=24$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=24$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=4$

实槽节距　$Y=3$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子的换向片中心线与始槽中心线重合，是 B 类结构。每槽元件数 $n=3$，即每槽含换向片 3 片，例如本例彩图中，1 号槽 3 元件分别接入换向片 1、2、3，而 3 片的中心在 2 号片中心线上，与槽中心线重合，故其接线属“正对”接线。该线圈跨距进入槽 4，3 元件的尾线分别对应接到换向片 2、3、4；第二槽线圈 3 元件头端顺次接入换向片 4、5、6，其跨距槽 5 的尾线则分别接到片 5、6、7。其余由此类推。

本例单相串励电动机电枢绕组虽是按正对接线设计，但线圈元件与换向片间的连接关系通用于其他非正对接线的 8×3 槽 B 类结构的转子。因为借偏接线仅是每槽换向片中心与槽中心线位置的相对偏移，因此，只要按重绕拆线时确定 1 号槽元件接入换向器 1、2、3 片的确切位置，便可参考此图进行接线。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例属较小型的电枢转子，一般采用手绕嵌线。因是偶数槽，且为 4 的倍数，故除可采用叠绕法外，还可采用两种对绕嵌线：

（1）平行对绕法。此法嵌线能使转子获得较理想的动平衡，是较理想的嵌绕工艺，但只适用于部分偶数槽转子。嵌绕次序见附表 16-1a。

附表 16-1a　　平行对绕法

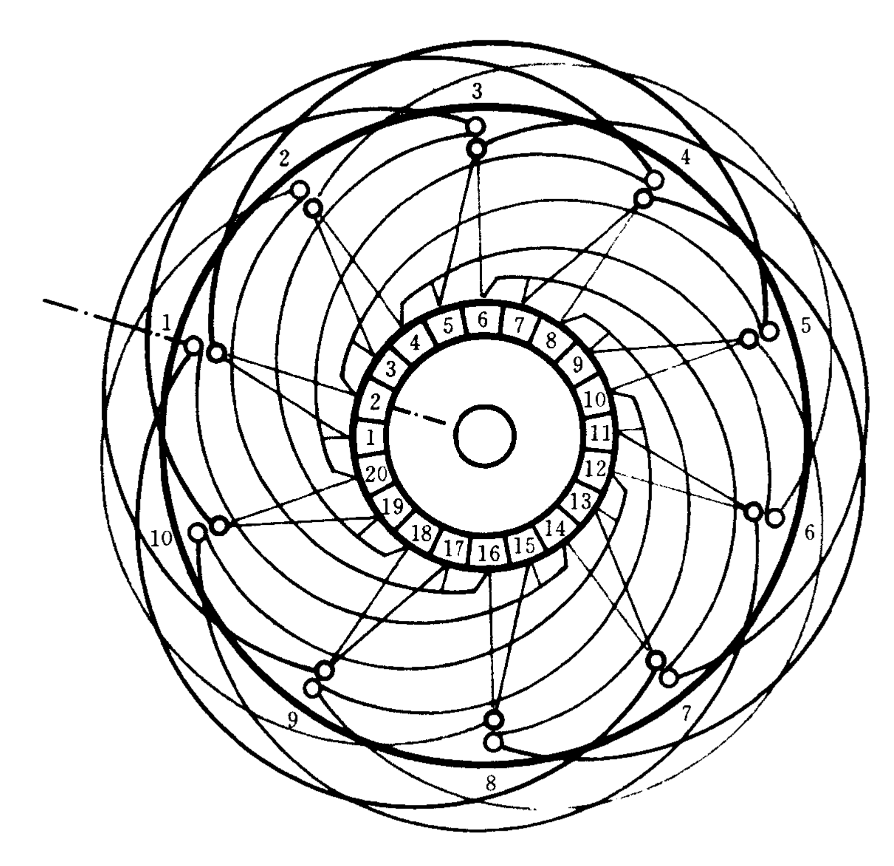
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	5 8	8 3	4 7	7 2	3 6	6 1	2 5

（2）V 形对绕法。此法适用于任何槽数的转子。嵌绕时，上一个线圈的跨距槽是下一线圈的起始槽，操作容易掌握，较平行对绕方便，但动平衡效果逊于上法，是一种近似对称的布线形式。嵌绕次序见附表 16-1b。

附表 16-1b　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	4 7	7 2	2 5	5 8	8 3	3 6	6 1

16-2　单相串励系列二极 10×2 槽电枢绕组



彩图 16-2　单相串励系列二极 10×2 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=10$　　虚拟槽数　$Z_0=20$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=20$

每槽元件　$n=2$　　绕组极距　$\tau=5$

实槽节距　$Y=4$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-2。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子为B类结构，即起始槽中心线与换向片中心线重合，始槽的中心线落在2号片中心线上，而 n 片中心在1、2片之间的云母片上，即此绕组是以始槽为基准向左借偏半片接线，将1号元件偏左（槽中线）1片接入换向器。此绕组采用短节距，实槽节距为4，始槽线圈元件接入换向片1、2后跨绕槽1—5，绕足规定匝数后，元件尾线从跨距槽5抽出并分别对应接到换向片2、3。其余由此类推。

此图是根据U型电机有关资料绘制，但其它串励电枢，凡与此相同的10×2槽（$Y=1—5$）绕组均可参考此图进行接线。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例是偶数槽小型转子，嵌线一般用手缠绕，可采用两种嵌绕工艺：

（1）叠绕法。嵌绕是从1槽缠入，跨节距进入槽5，绕完规定匝数后留出尾线，再从第2槽开始。嵌绕次序见附表16-2a。

附表 16-2a　　　叠　绕　法

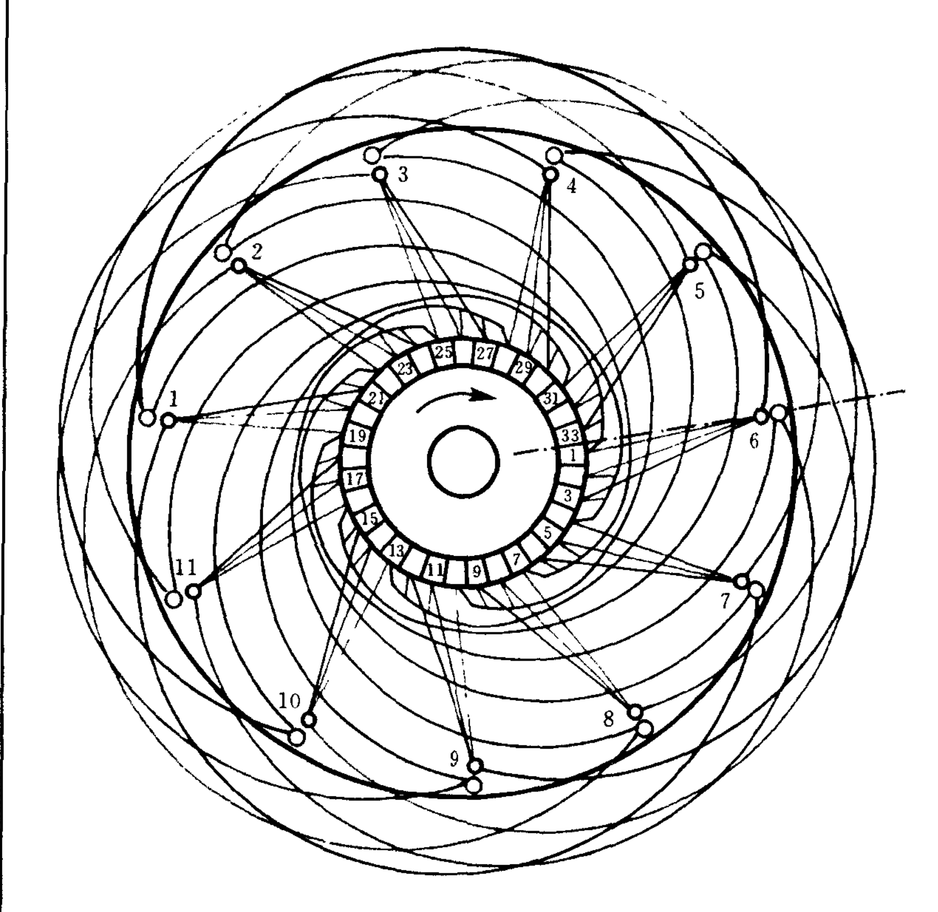
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1　5	2　6	3　7	4　8	5　9	6　10	7　1	8　2	9　3	10　4

（2）V形对绕法。嵌绕的规律是上一线圈的跨距槽是下一线圈的起始槽。采用此法嵌绕的转子，其动平衡效果优于叠绕法。嵌绕次序见附表16-2b。

附表 16-2b　　　V 形 对 绕 法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1　5	5　9	9　3	3　7	7　1	2　6	6　10	10　4	4　8	8　2

16-3　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之一



彩图 16 3　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=33$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=33$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau -5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线圈见彩图 16-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子是 A 类结构，槽中心线与换向器云母片中心线重合，而且线圈是以跨距槽为基准借偏，如彩图 16-3 中基准槽是槽 6，槽中心线落在换向片 1 与 33 之间，而 n 片中心在片 2，故此绕组是向右借偏 1 片半接线；基准槽 6 的线圈三元件分别接入换向片 1、2、3，起始槽 1 的线圈尾线则分别对应接到换向片 2、3、4。同理槽 2 线圈首端顺序接入 4、5、6，其尾线也分别对应接到 5、6、7 片。其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组主要采用手工缠绕，最常用的是 3 根导线并绕。因是奇数槽，无法采用平行对绕，只能用叠绕或 V 形对绕。

(1) 叠绕法。因 $n-3$，故将 3 根导线并行留出头端后绕入槽 1，跨节距到槽 6，绕足匝数后留出引线继续从槽 2 绕入，如此类推直至完成。嵌绕次序见附表 16-3a。

附表 16-3a　　叠　绕　法

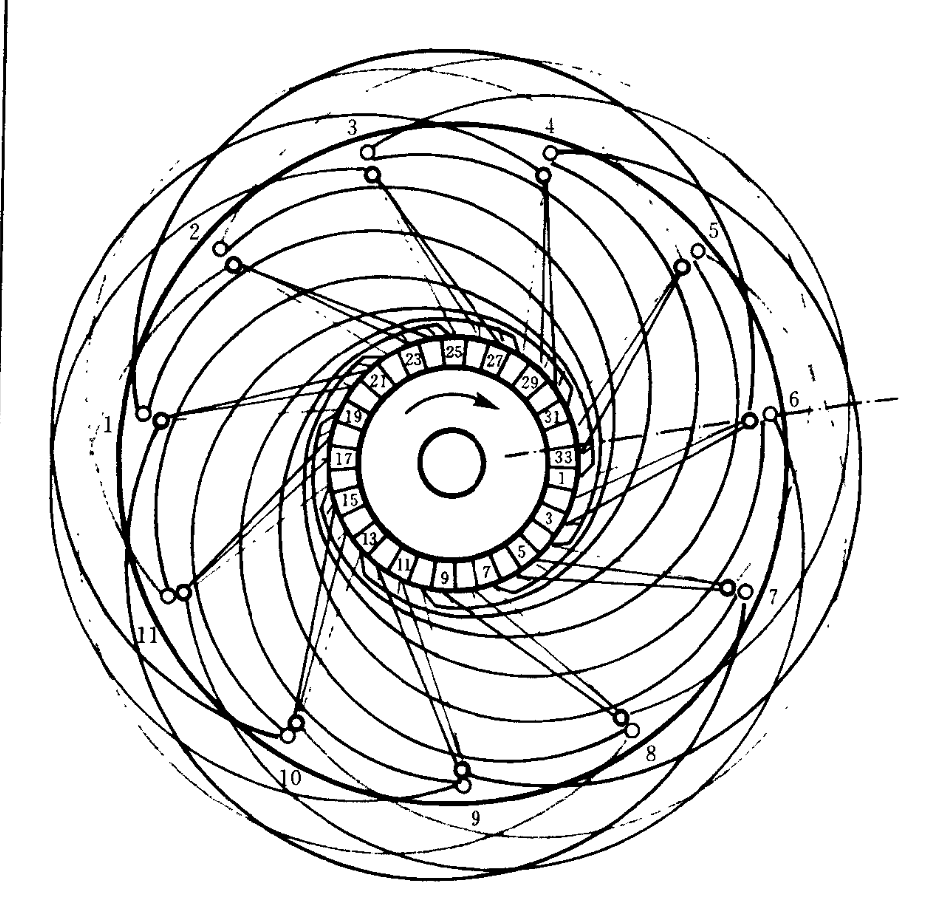
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4　9	5　10	6·　11	7·　1	8　2	9 · 3	10　4	11　·5

(2) V 形对绕法。用 3 根导线并行绕入槽 1 和槽 6。完成后随跨距槽起绕第 2 只线圈。嵌绕次序见附表 16 3b。

附表 16-3b　　V 形对绕法

嵌入次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	6　11	11　5	5·　10	10　4	4　9	9　3	3　8	8　2	2　7	7　1

16-4　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之二



彩图 16-4　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=33$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=33$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组以跨距槽借偏，即基准槽为槽 6，而槽中心线与换向器的云母片中心线重合，故是 A 类结构转子。与上例不同的是基准槽中心线落在换向片 32 与 33 之间，而与 n 片中心（在换向片 2 中心线上）相距 2 片半，即向右借偏 2 片半接线。基准槽线圈三元件分别接入换向片 1、2、3，相对应的尾线从 1 号槽引出并分别对应接到换向片 2、3、4。其余线圈接线由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

电枢绕组采用手绕，可将 3 根导线并行缠绕。嵌绕有两种方法：

(1) V 形对绕法。用此法绕制电枢可获得较接近平衡的转子，是实际应用较多的方法。嵌绕次序见附表 16-4a。

附表 16-4a　　V 形对绕法

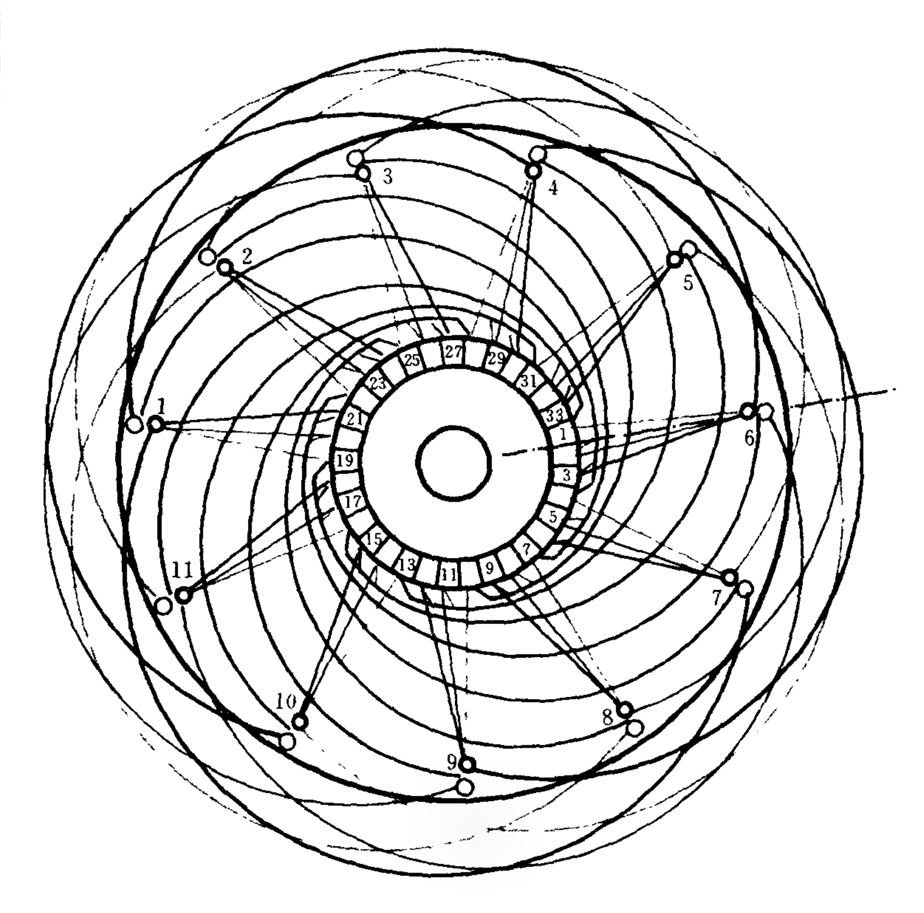
嵌绕次序	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
线圈槽号	1	6	6	11	11	5	5	10	10	4	4	9	9	3	3	8	8	2	2	7	7	1

(2) 叠绕法。每个线圈均依次顺序嵌入，但平衡性较差。嵌绕次序见附表 16-4b。

附表 16-4b　　叠绕法

嵌绕次序	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
线圈槽号	1	6	2	7	3	8	4	9	5	10	6	11	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5

16-5　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之三



彩图 16-5　单相串励系列二极 11×3 槽电枢绕组之三

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=33$

电机极数　$2p～2$　　换向片数　$K=33$

每槽元件　$n－3$　　绕组极距　$\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组的转子槽中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类结构。槽中心线落在换向片 1 与 2 之间，而 $n=3$，中心线在 2 号换向片，并处于槽中心线右侧，故系向右借偏半片接线。绕组每线圈由 3 元件组成，并采用缩短半槽的短节距线圈，1 号线圈跨入槽 1 和槽 6，槽 6（基准槽）3 元件分别接入换向片 1、2、3，其相应尾线从槽 1（起始槽）引出，对应接入换向片 2、3、1。其余线圈参照接入。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用 3 根并行缠绕，可采用两种方法：

（1）叠绕法。嵌绕顺序是每线圈按槽序绕入，易记且不易绕错，但先绕入的线圈平均匝长短于后绕线圈，故转子平衡性较差。嵌绕次序见附表 16-5a。

附表 16-5a　　叠　绕　法

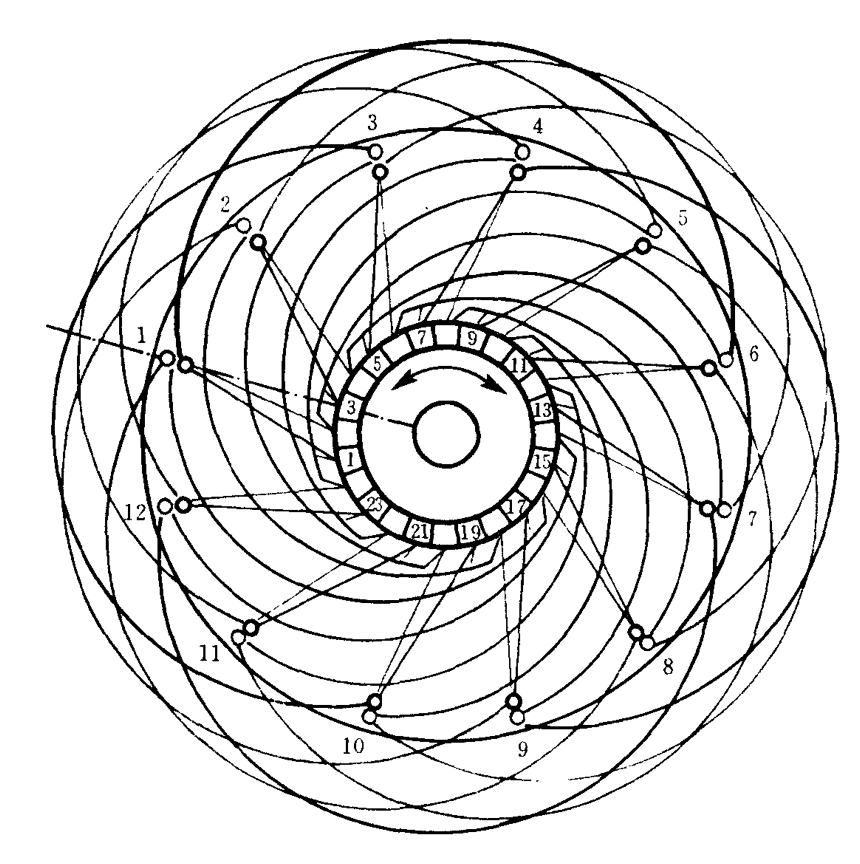
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4　9	5　10	6　11	7　1	8　2	9　3	10　4	11　5

（2）V 形对绕法。它是近似平行的对绕嵌线。嵌线时，上 -线圈的跨距槽是下 -线圈的起始槽。嵌绕次序见附表 16-5b。

附表 16-5b　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	6　11	11　5	5　10	10　4	4　9	9　3	3　8	8　2	2　7	7　1

16.6 单相串励系列二极 12×2 槽电枢绕组之一



彩图 16-6 单相串励系列二极 12×2 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=12$　　虚拟槽数 $Z_c=24$

电机极数 $2p=2$　　换向片数 $K=24$

每槽元件 $n=2$　　绕组极距 $\tau=6$

实槽节距 $Y=5$　　换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-6

3. 绕组结构及布接线特点

本例槽中心线与换向片中心线重合，是 B 类结构。线圈以始槽为基准借偏，而槽中线落在 3 号片上，如彩图 16-6 所示。而每槽元件数 $n=2$，故 n 片中心线在 1、2 号片之间的云母片，所以线圈接线是以始槽为基准向左借偏 1 片半接入换向器，即始槽 1、2 号元件分别接到换向片 1、2，其线圈采用缩短 1 槽的短节距，跨入槽 6 后引出尾线则分别对应接到换向片 2、3。其余由此类推。此绕组主要应用于 U 型串励电动机。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例是偶数槽，且槽数是 4 的倍数，故可用三种嵌绕方法，下面仅介绍两种：

(1) 平行对绕法。采用此法可获得较理想的动平衡效果，其嵌绕次序见附表 16-6a。

附表 16-6a　　平行对绕法

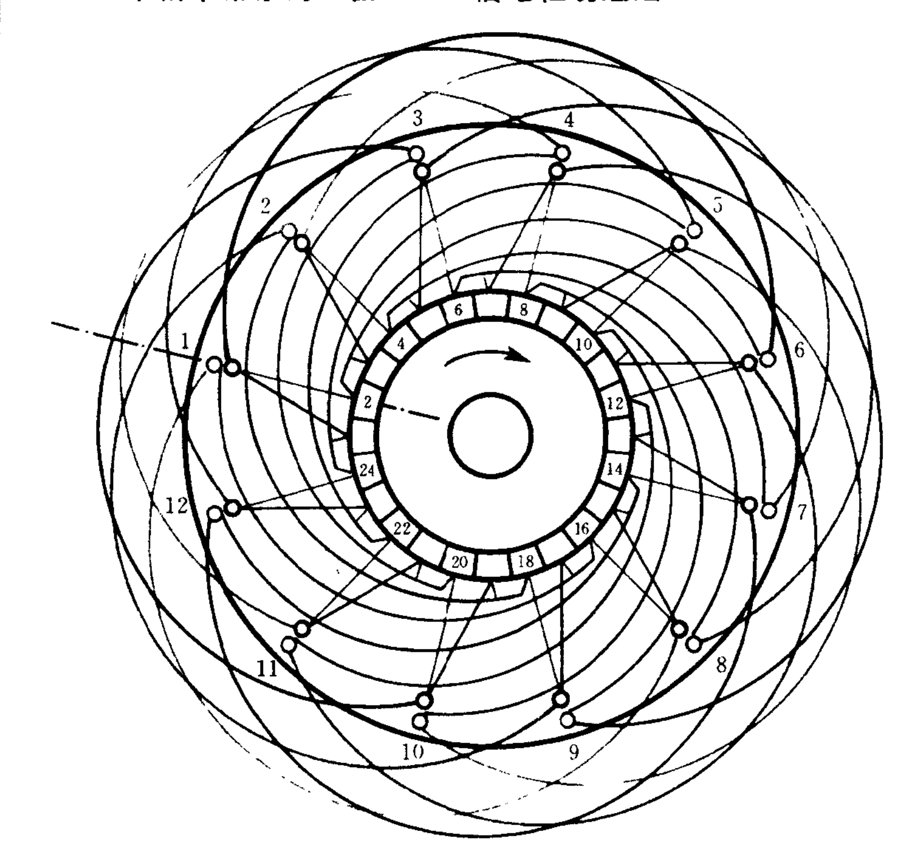
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1　6	7　12	10　3	4　9	11　4	5　10	3　8	9　2	12　5	6　11	8　1	2　7

(2) V 形对绕法。此法平衡效果不及平行对绕，但嵌线规律较易掌握而较多采用。嵌绕顺序见附表 16-6b。

附表 16-6b　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1　6	6　11	11　4	4　9	9　2	2　7	7　12	12　5	5　10	10　3	3　8	8　1

16-7 单相串励系列二极 12×2 槽电枢绕组之二



彩图 16-7 单相串励系列二极 12×2 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=12$	虚拟槽数	$Z_0=24$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=24$
每槽元件	$n=2$	绕组极距	$\tau=6$
实槽节距	$Y=5$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-7。

3. 绕组结构及布接线特点

此转子是 B 类结构，始槽中心线与换向片中心线重合，并落在 2 号片上，而 n 片中心线在 1、2 片之间，即在基准槽中心线左侧，故本例绕组是向左借偏半片接线。线圈采用短距，跨槽 1-6，始槽元件头端分别接入 1、2 号换向片，其对应尾线从跨距槽 6 引出并接入换向片 2、3。其余线圈接线由此类推。

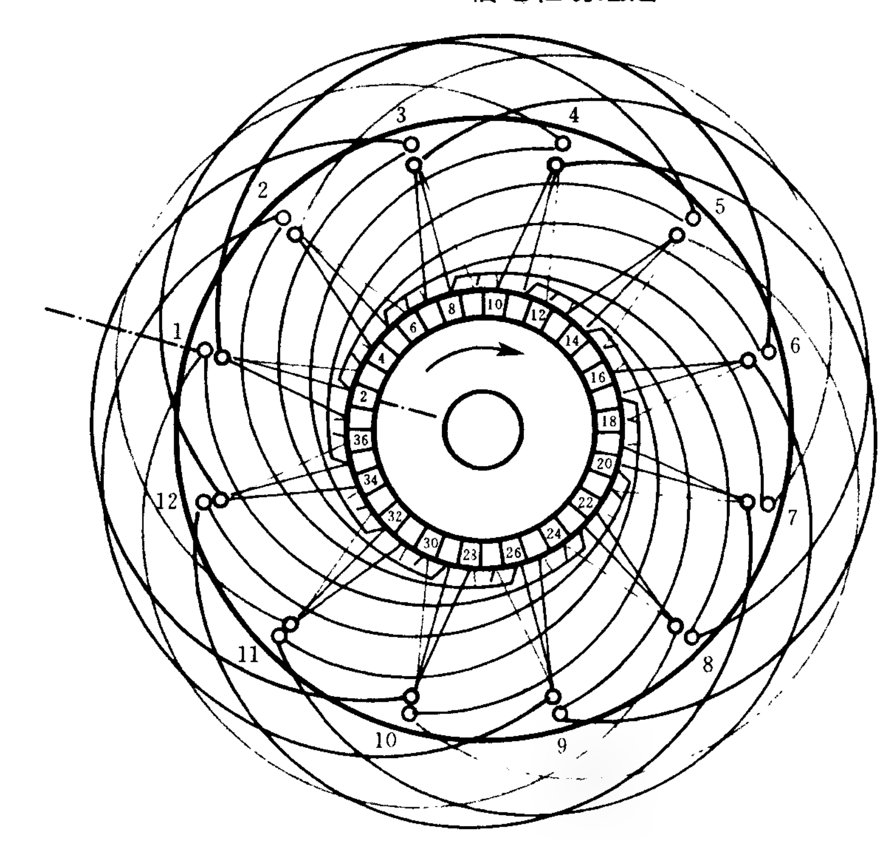
4. 绕组嵌绕工艺要点

电枢绕组采用手工缠绕，嵌绕工艺有三种，其中平衡对绕法动平衡效果最好，V 形对绕法次之，可参考上例进行，附表 16-7 介绍的是叠绕法嵌绕顺序，仅供参考对照。

附表 16-7 叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1 6	2 7	3 8	4 9	5 10	6 11	7 12	8 1	9 2	10 3	11 4	12 5

16-8 单相串励系列二极 12×3 槽电枢绕组之一



彩图 16 8　单相串励系列二极 12×3 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=12$　　虚拟槽数　$Z_0=36$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=36$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=6$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16 8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子也是 B 类结构。每槽片数 $n=3$，n 片中心在片 2，即绕组是正对接线，即始槽中心线与 n 片中心线重合（没有借偏）。绕组采用短节距线圈布线，始槽线圈 3 元件线头分别接入换向片 1、2、3，尾线从跨距槽引出，并分别对应接到换向片 2、3、4，其余线圈接线由此类推。

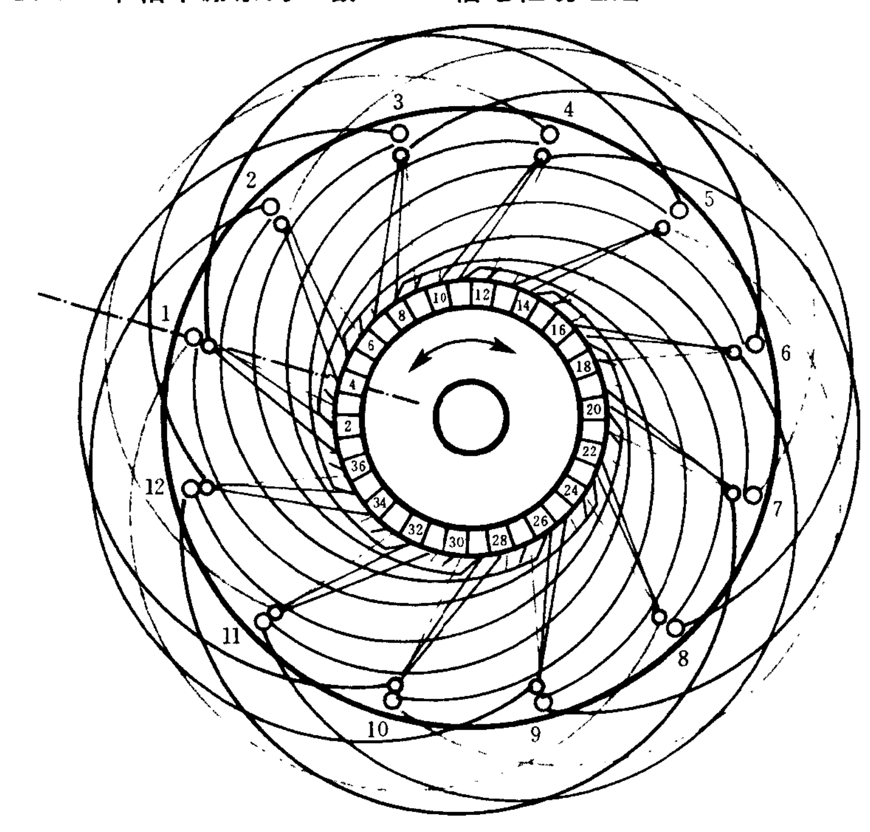
4. 绕组嵌绕工艺要点

12 槽转子可采用三种嵌绕方法，即平行对绕法、V 形对绕法和叠绕法，其中平行对绕难度较大，是以每对线圈对称嵌入，故每对线圈的平均匝长相等，完成后转子质量分布比较均匀，故容易满足动平衡要求，是较理想的嵌法。其嵌绕顺序见附表 16-8。

附表 16-8　　平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1　6	7　12	10　3	4　9	11　4	5　10	3　8	9　2	12　5	6　11	8　1	2　7

16-9　单相串励系列二极 12×3 槽电枢绕组之二



彩图 16-9　单相串励系列二极 12×3 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=12$　　虚拟槽数　$Z_0=36$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=36$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=6$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本绕组的始槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类转子结构。接线则以始槽为基准向左借偏 2 片接线，即 1 号片偏左 3 片。线圈采用缩短 1 槽的短距，接线时始槽线圈 3 根线头分别接入换向片 1、2、3，其尾线由跨距槽 6 引出，并分别对应接到换向片 2、3、4。其余线圈接线由此类推。

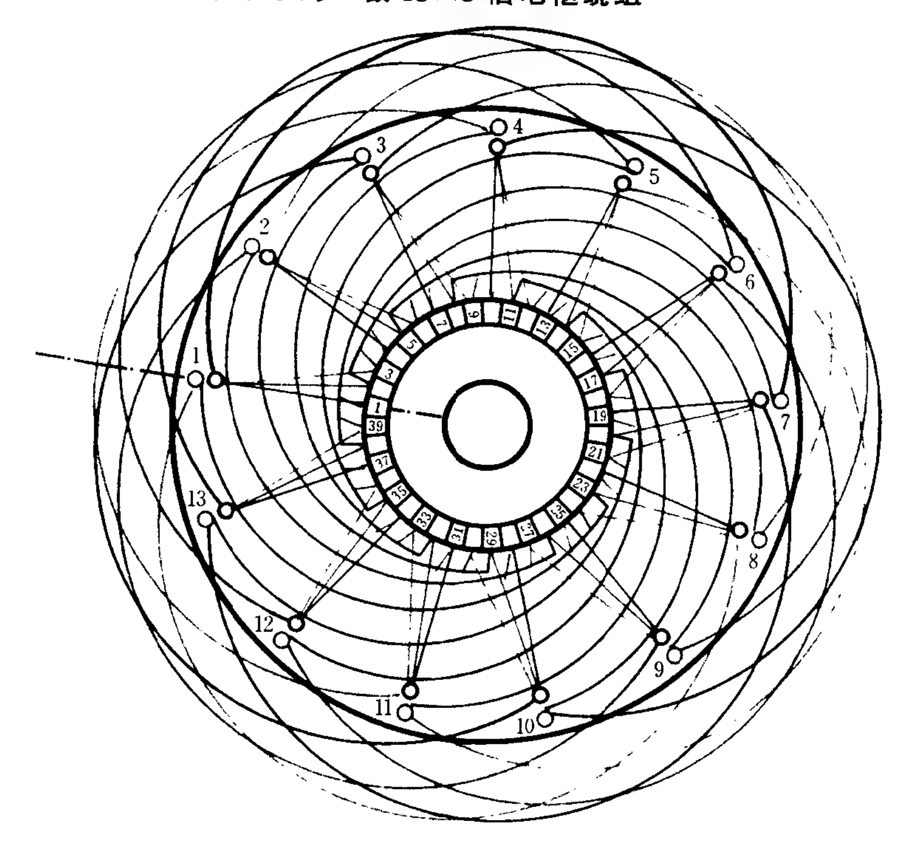
4. 绕组嵌绕工艺要点

此转子仍属小型电枢，常用手工绕制，绕线用 3 根导线并行。嵌绕的方法有三种，其中平行对绕效果最好，V 形对绕次之，叠绕较差，平行对绕嵌线顺序可参考上例，本例为 V 形对绕，其嵌绕次序见附表 16-9。

附表 16-9　　**V 形对绕法**

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	1　6	6　11	11　4	4　9	9　2	2　7	7　12	12　5	5　10	10　3	3　8	8　1

16-10 单相串励系列二极 13×3 槽电枢绕组



彩图 16-10 单相串励系列二极 13×3 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=13$	虚拟槽数	$Z_i=39$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=39$
每槽元件	$n=3$	绕组极距	$\tau=6\frac{1}{2}$
实槽节距	$Y=6$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-10。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子槽的中心线与换向片中心线重合，属 B 类结构。始槽中心线在 1 号换向片上，而 n 片中心在 2 号片，即距始槽中心线 1 片，故此绕组系始槽向右借偏 1 片接线。转子槽是奇数，绕组极距为分数，而线圈节距缩短半槽。始槽 3 元件分别接入换向片 1、2、3，跨距槽的线尾分别对应接到换向片 2、3、4，其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例转子直径如较大时，若转速高于 8000r/min 则容易产生振动，而 13 槽又无法选用平行对绕来获得较好的平衡效果，故对于高速电机可采用模绕嵌线，嵌线顺序如下。

(1) 交叠嵌线。线圈用同 -规格线模绕制，然后采用交叠法嵌线，嵌绕顺序见附表 16-10a。

附表 16-10a　　交 叠 法

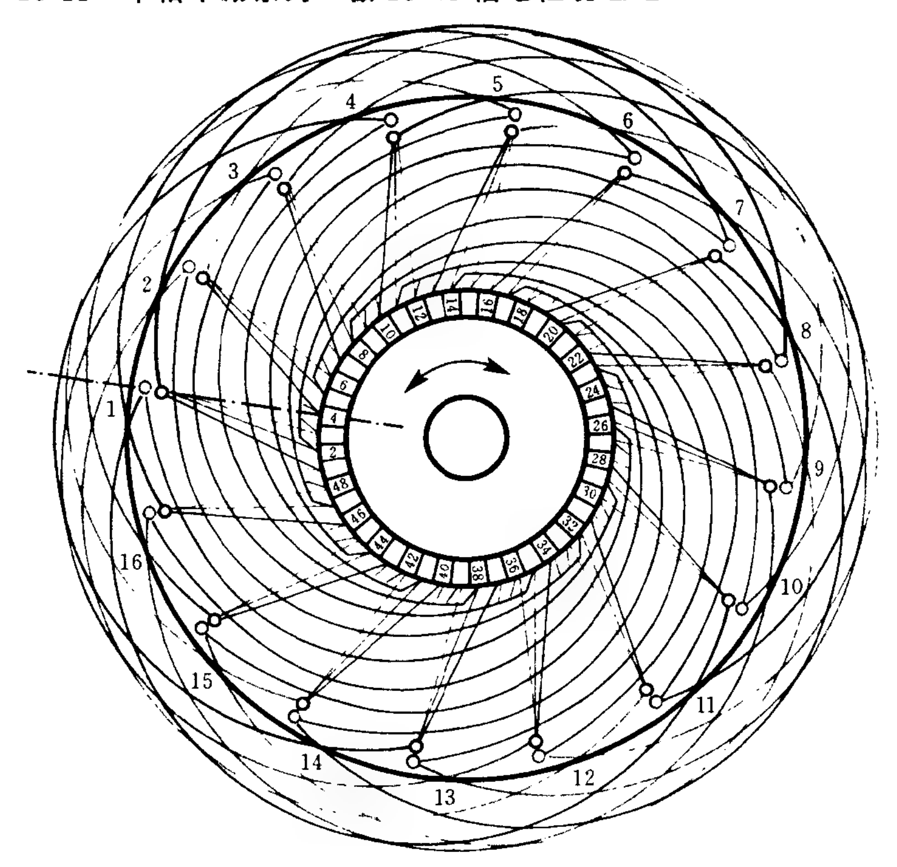
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	1	13	12	11	10	9	8		7		6		5		4
	上层								1		13		12		11	
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
槽号	下层		3		2											
	上层	10		9		8	7	6	5	4	3	2				

(2) V 形对绕法。若转子直径较小或转速低于 8000r/min 时也可采用手工嵌绕，V 形对绕的嵌绕顺序见附表 16 10b。

附表 16-10b　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7
线圈槽号	1 6	6 11	11 3	3 8	8 13	13 5	5 10
嵌绕次序	8	9	10	11	12	13	
线圈槽号	10 2	2 7	7 12	12 4	4 9	9 1	

16-11 单相串励系列二极 16×3 槽电枢绕组之一



彩图 16-11 单相串励系列二极 16×3 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=16$ 虚拟槽数 $Z_0=48$

电机极数 $2p=2$ 换向片数 $K=48$

每槽元件 $n=3$ 绕组极距 $\tau=8$

实槽节距 $Y=7$ 换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-11。

3. 绕组结构及布接线特点

转子槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类转子结构。本例是斜槽铁心，槽中心线是取自铁心中段，过槽口中点与转轴线平行的延线为槽中心线。线圈以始槽为基准借偏，并把与始槽中心线重合的换向片定为 4 号，其余编号如彩图 16-11 所示。因 n 片中心线在 2 号片，故线圈是始槽向左借偏 2 片接线，即始槽线圈 3 元件分别接入换向片 1、2、3；线圈采用短距，元件尾线从跨距槽 8 引出，并分别对应接到换向片 2、3、1。其余接线由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组主要应用于老系列产品，转速较低，一般可用手工缠绕。嵌线有三种方法，本例介绍两种嵌法。

(1) 叠绕法。嵌绕特点是逐个线圈顺次嵌绕。嵌绕规律容易掌握，但重量分布不均匀，平衡效果较差。嵌绕顺序见附表 16-11a。

附表 16-11a　　叠　绕　法

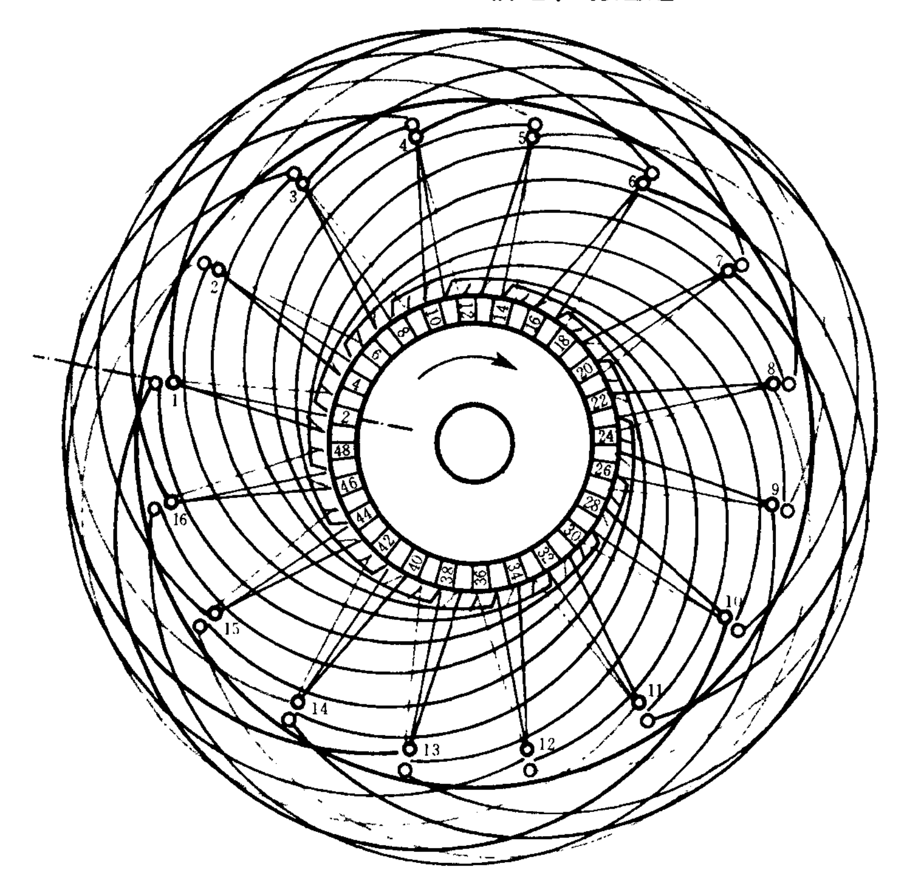
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	2·9	3　10	4　11	5　12	6　13	7　14	8　15
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	9　16	10　1	11　2	12　3	13　4	14　5	15　6	16　7

(2) 平行对绕法。线圈逐对嵌绕，转子能获得较好的动平衡效果。嵌绕顺序见附表 16-11b。

附表 16-11b　　平 行 对 绕 法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	9　16	16　7	8　15	15　6	7　14	14　5	6　13
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	13　4	5　12	12　3	4　11	11　2	3　10	10　1	2　9

16-12　单相串励系列二极 16×3 槽电枢绕组之二



彩图 16-12　单相串励系列二极 16×3 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=16$　　虚拟槽数　$Z_u=48$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=48$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=8$

实槽节距　$Y=7$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子属 B 类结构，即槽中心线与换向片中心线重合。实例转子铁心为斜槽，槽的中心线是取自铁心中段过槽口中点与转轴线平行的线为槽中心线。本例线圈以始槽为基准借偏，槽中心线落在 2 号片，而 n 片中心线也在 2 号片，所以本例属线圈正对接线。线圈采用短节距布线，始槽 3 元件引接到换向片 1、2、3，其尾线从跨距槽 8 引出，并对应接到换向片 2、3、4、其余接线由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例绕组取自 U 型的较大规格电机，为了获得较好的动平衡效果，宜采用平行对绕或模绕嵌线。

(1) 平行对绕法。是逐对线圈对称平行手绕，嵌绕时通常是用 3 根导线并行绕入，嵌绕顺序见附表 16-12a。

附表 16-12a　　平行对绕法

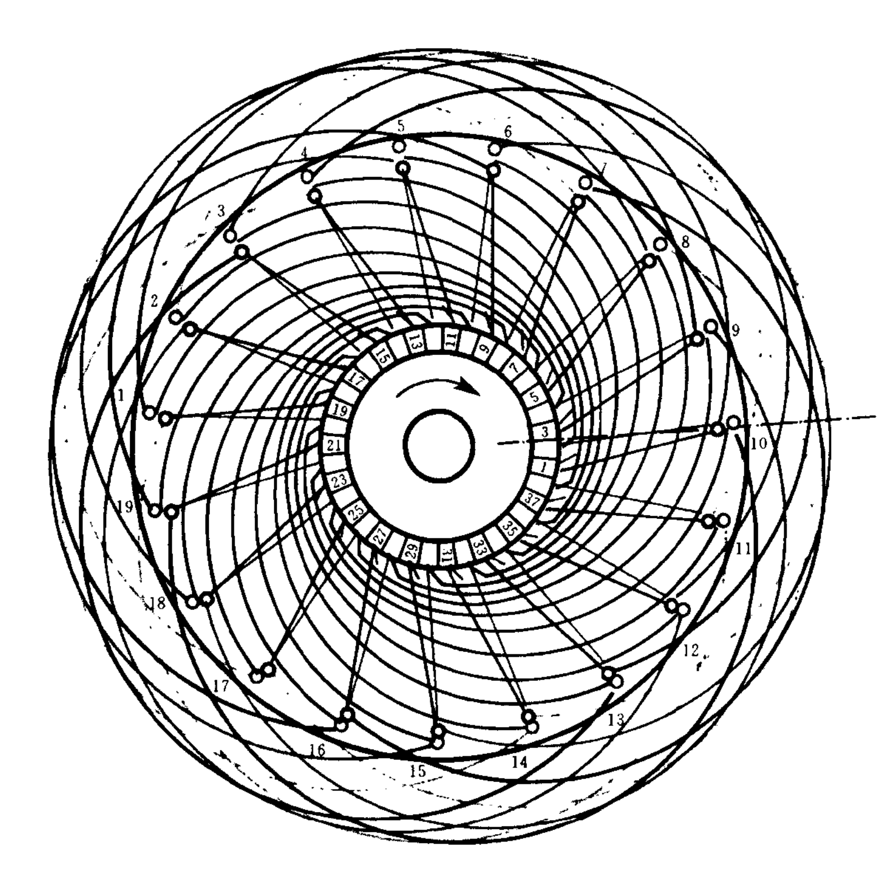
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	9　16	16　7	8　15	15　6	7　14	14　5	6　13
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	16
线圈槽号	13—4	5　12	12　3	4—11	11　2	3　10	10　1	2　9

(2) 交叠法。此法系与普通双层绕组嵌法相同，先用同规格线模将 16 只线圈绕好，然后再嵌入，嵌线需吊起 7 边，嵌线顺序见附表 16-12b。

附表 16-12b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	6
槽号	下层	1	16	15	14	13	12	11	10		9		8		7		6
	上层									1		16		15		14	
嵌绕次序		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
槽号	下层		5		4		3		2								
	上层	13		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2

16-13　单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之一



彩图 16-13　单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=19$	虚拟槽数	$Z_0=38$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K-38$
每槽元件	$n=2$	绕组极距	$\tau=9\frac{1}{2}$
实槽节距	$Y-9$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-13。

3. 绕组结构及布接线特点

本例槽中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类结构的转子，而且以跨距槽 10 为基准借偏，基准槽中心线落在换向片 3、2 之间的云母片，而 $n-2$，即 n 片中心线在 1、2 片间云母片，绕组向右借偏 1 片接线。基准槽二元件引接到换向片 1、2，其尾端从起始槽 1 引出，分别对应接到换向片 2、3。其余由此类推。

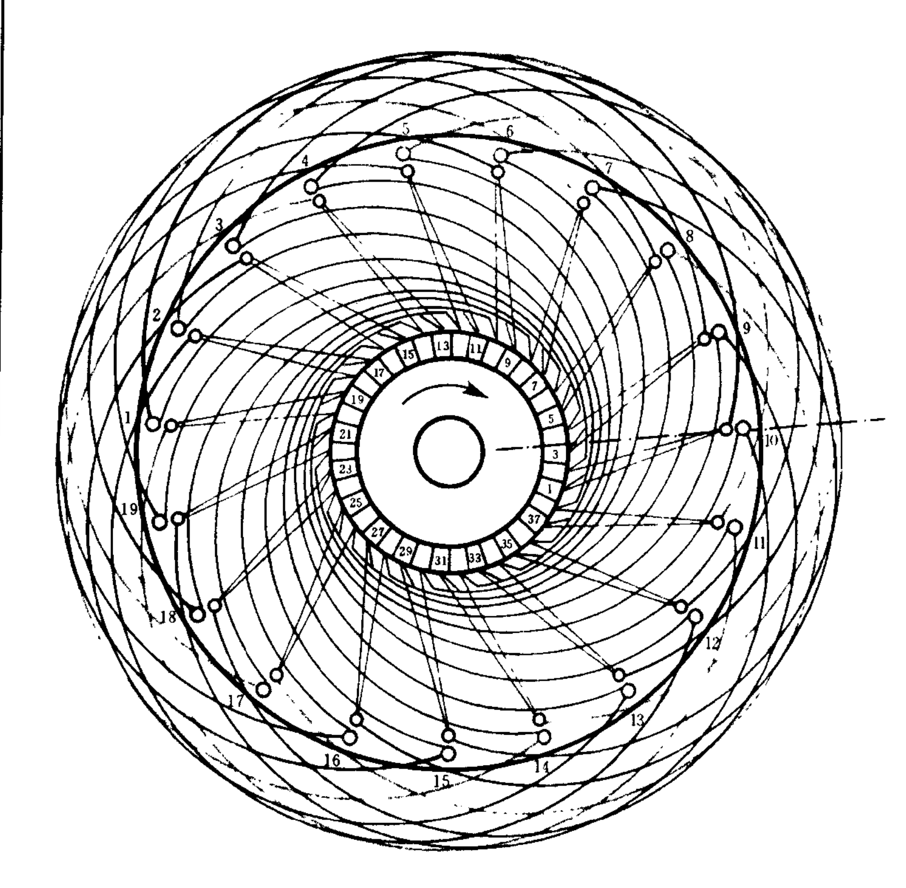
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组应用于直径较大的转子，为获得较好的动平衡效果，宜选用平衡效果较好嵌法。本例介绍手绕嵌线的 V 形对绕法，如转速较高者可参考下例附表 16-14 的嵌法。

附表 16-13　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1　10	10　19	19　9	9　18	18　8	8　17	17　7	7　16	16　6	6　15
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	15　5	5　14	14　4	4　13	13　3	3　12	12　2	2　11	11　1	

16-14 单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之二



彩图 16-14 单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=19$ 虚拟槽数 $Z_0=38$

电机极数 $2p=2$ 换向片数 $K=38$

每槽元件 $n=2$ 绕组极距 $\tau=9\frac{1}{2}$

实槽节距 $Y=9$ 换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-14。

3. 绕组结构及布接线特点

转子是 A 类结构，槽中心线与换向器云母片中心线重合。基准槽中心线落在 3 号与 4 号片之间，n 片中心在 1、2 号片之间的云母片，故此绕组是向右借偏 2 片接线。基准槽元件线头分别引接到换向片 1、2，尾线从起始槽 1 引出并分别对应接入换向片 2、3。其余线圈接线由此类推。

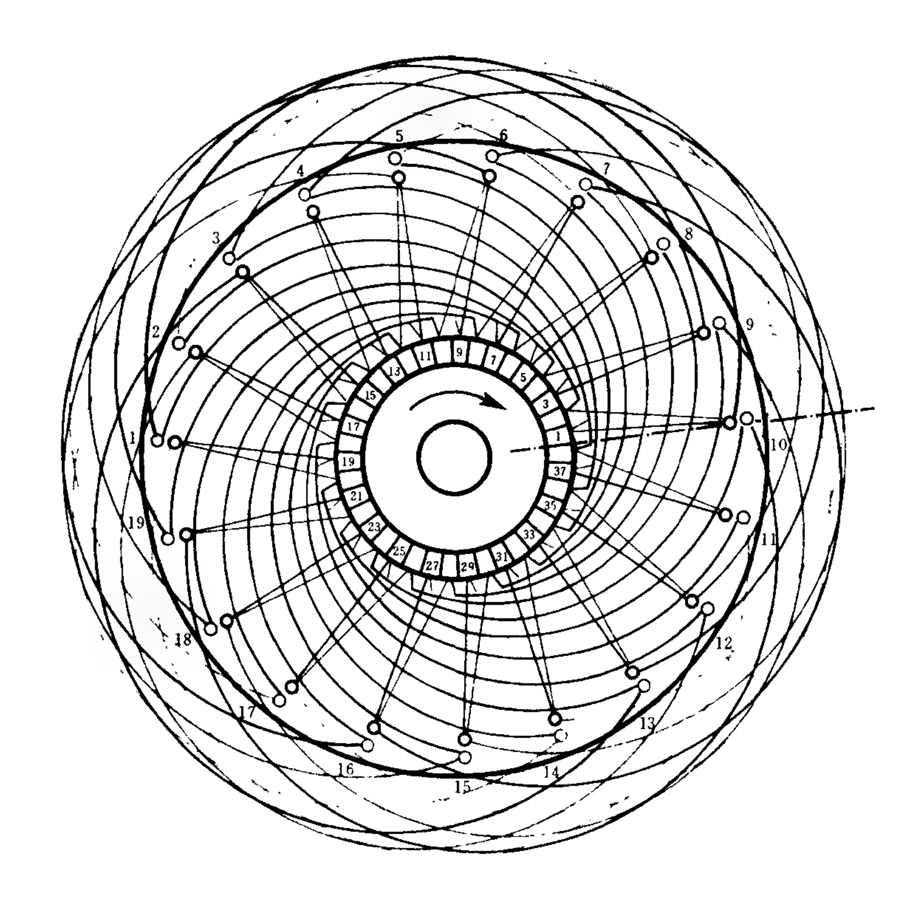
4. 绕组嵌绕工艺要点

手工嵌绕用 2 根导线并行，并推荐选用 V 形对绕法，嵌线顺序见上例附表 16-13。如需更好的动平衡效果则宜用模绕线圈逐个嵌入，线圈则可用同规格模板绕制双联线圈。嵌线顺序见附表 16-14。

附表 16-14 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14	
	上层											1		2		3		4		5
嵌绕次序		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
槽号	下层	15		16		17		18		19										
	上层		6		7		8		9		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

16-15 单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之三



彩图 16-15 单相串励系列二极 19×2 槽电枢绕组之三

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=19$　　虚拟槽数 $Z_0=38$

电机极数 $2p=2$　　换向片数 $K=38$

每槽元件 $n=2$　　绕组极距 $\tau=9\frac{1}{2}$

实槽节距 $Y=9$　　换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-15。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是 A 类结构，转子槽中心线与换向器云母片中心线重合。基准槽中心线落在换向片 38 与 1 之间，绕组每槽元件数 $n=2$，n 片中心在 1、2 片之间的云母片即线圈以跨距槽为基准向左 1 片借偏接线。接线时基准槽 10 的两元件线头分别引接到换向片 1、2 接入，尾线则从始槽 1 引出，并分别对应接到换向片 2、3。其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

(1) V 形对绕法。转子较小或转速较低时可用双线并行用手缠绕，嵌绕方法见附表 16-15a。

附表 16-15a　　V 形对绕法

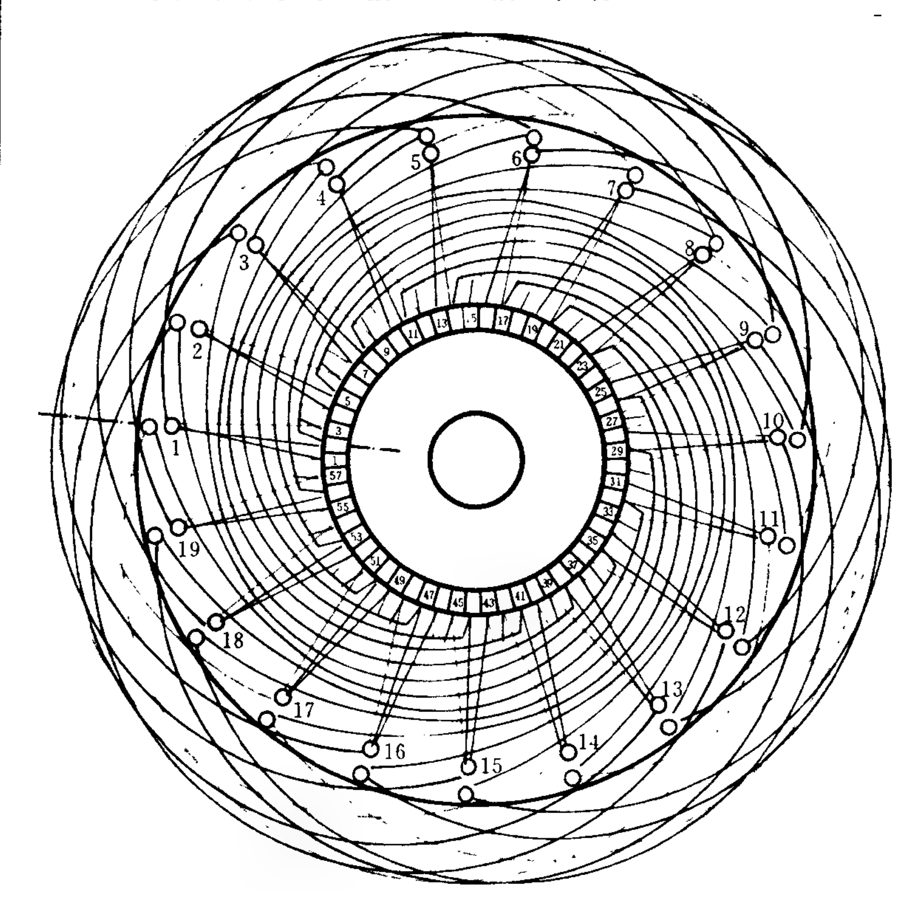
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1　10	10　19	19　9	9　18	18　8	8　17	17　7	7　16	16　6	6　15
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	15　5	5　14	14　4	4　13	13　3	3　12	12　2	2　11	11　1	

(2) 交叠法。此法宜用于转速较高的转子。用同规格线模将线圈绕制好后采用吊边嵌线，吊边数为 9。嵌线顺序见附表 16-15b

附表 16-15b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
槽号	下层	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		1		2		3		4	
	上层											10		11		12		13		14
嵌绕次序		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
槽号	下层	5		6		7		8		9										
	上层		15		16		17		18		19	1	2	3	4	5	6	7	8	9

16-16 单相串励系列二极 19×3 槽电枢绕组



彩图 16-16 单相串励系列二极 19×3 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=19$	虚拟槽数	$Z_0=57$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=57$
每槽元件	$n=3$	绕组极距	$\tau=9\frac{1}{2}$
实槽节距	$Y=9$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 16-16。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子是 B 类结构，槽中心线与换向片中心线重合。始槽中心线落在换向片 2 上，故本例接线系以始槽为基准。绕组每槽片数 $n=3$，n 片中心在 2 号片中心，故本例属正对接线方案。本例线圈元件与换向器的连接关系也适用于 19×3 槽的其他借偏接线，因此，只要确定重绕电枢 1 号槽元件接入换向器 1、2、3 片的确切位置，便可参考此图进行接线。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组嵌绕可用手绕和线圈嵌线，手工缠绕则推荐用 V 形对绕。

（1）V 形对绕。用 3 根导线并行手工缠绕，嵌绕顺序见附表 16-16a。

附表 16-16a　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1 10	10 19	19 9	9 18	18 8	8 17	17 7	7 16	16 6	6 15
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	15 5	5- 14	14 4	4 13	13 3	3 12	12 2	2 11	11 1	

（2）交叠法。转子的嵌线与定子交叠嵌线相同，嵌线前应用线模将线圈绕制好，因本例是 $n=3$，故宜用 3 根绝缘导线绕制，然后逐个嵌入，但嵌线需吊边，本例吊边数为 9。嵌线顺序如附表 16-16b。

附表 16-16b　　交　叠　法

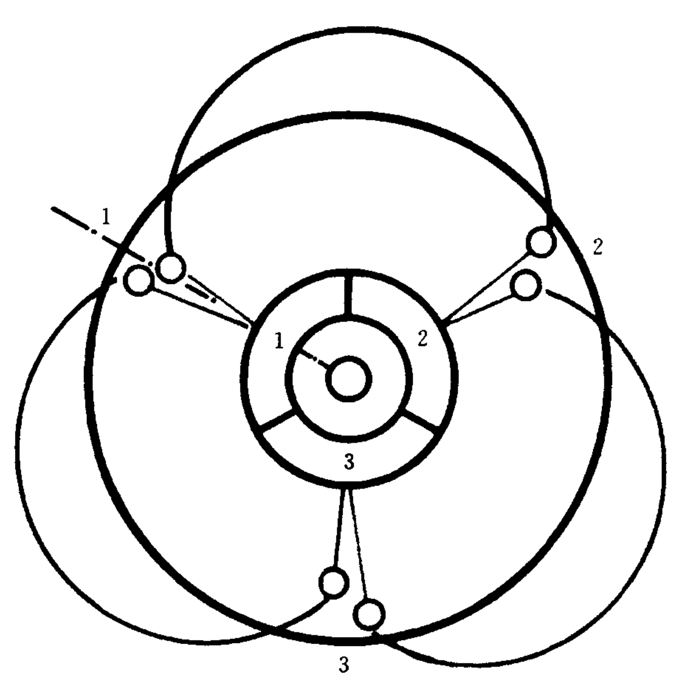
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
槽号	下层	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		19		18		17		16	
	上层											10		9		8		7		6
嵌绕次序		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
槽号	下层	15		14		13		12		11										
	上层		5		4		3		2		1	19	18	17	16	15	14	13	12	11

彩图 17 单相串励应用电动机电枢绕组布线接线图

本节内容是应用于家用电器及电动工具的单相串励电动机的电枢绕组，由于多为厂家自行设计，且品种规格繁多，线圈元件的接线更无法统一。本节彩图是搜集部分修理实例及参考有关资料设计绘成，因此可能其中部分与所修电枢完全相同，亦可能有部分不符使用。但好在串励电枢绕组的接线关系是不变的，只要所修电枢标题（$Z\times n$）和节距相同，参照正文“单相串励电枢接线”内容确定1号换向片位置，便可参考所选图例进行接线。

其余说明请参考上节叙述。

17-1 单相串励应用二极 3×1 槽电枢绕组



彩图 17-1 单相串励应用二极 3×1 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=3$	虚拟槽数	$Z_0=3$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=3$
每槽元件	$n=1$	绕组极距	$\tau=1\frac{1}{2}$
实槽节距	$Y=1$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-1。

3. 绕组结构及布接线特点

电枢转子槽中心线与换向片中心片重合，属B类结构。此绕组主要应用于电动剃须刀、简易吹风筒以及电动玩具等电动机电枢，其定子无绕组，常用永磁材料制成磁极，一般使用于1.5～3V直流电源，故按理不属单相串励电动机，但因其电枢形式与单相串励电枢相同，故本书纳入本节彩图。

3槽电枢是最简单结构型式的转子，其铁心与一般转子不尽相同，它常制成3个突起的铁齿，齿间空隙便权作为槽，故称3槽转子。每槽有两个线圈边，实质将线圈的导线缠绕在铁齿周围。因每槽元件数为1，故虚拟槽数与实槽数相等，而槽节距等于换向片节距。

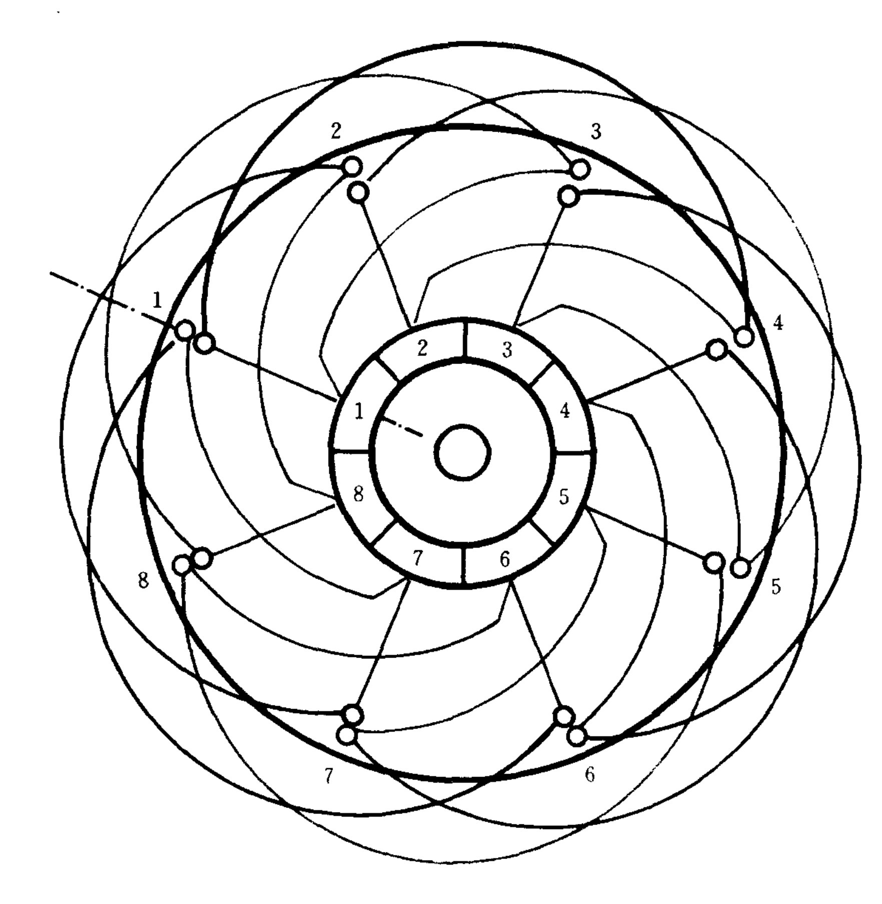
4. 绕组嵌绕工艺要点

此转子为奇数槽，且仅有3槽，可采用叠绕法和V形对绕法，但工艺次序相同。嵌线顺序见附表 17-1。

附表 17-1 叠 绕 法

嵌绕次序	1	2	3
线圈槽号	1 2	2-3	3 1

17.2 单相串励应用二极 8×1 槽电枢绕组



彩图 17-2 单相串励应用二极 8×1 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=8$　　虚拟槽数 $Z_0=8$

电机极数 $2p=2$　　换向片数 $K=8$

每槽元件 $n=1$　　绕组极距 $\tau=4$

实槽节距 $Y=3$　　换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-2。

3. 绕组结构及布接线特点

8×1 槽串励电枢绕组应用较少，仅见于微型的电吹风筒。本例绕组的转子是按 B 类结构设计，并使 1 号换向片中心线与始槽中心线重合。如实际修理时如 1 号片借偏，则确定 1 号片位置后仍可按此关系接线。另外，因本例每槽元件数 $n=1$，即每线圈仅有一只元件，即绕线时仅用一根导线缠绕，按规定本应同一元件首尾端色别相同，但为读者易于识别，本例特将绕组元件首端描成红色，尾线描成绿色。

4. 绕组嵌绕工艺要点

本例转子是偶数槽，且是 1 的倍数，故除可用叠绕外，还可用对绕法嵌线。

（1）叠绕法。从始槽跨节距嵌绕，完成匝数后，再从次一槽嵌绕，嵌线顺序见附表 17-2a。

附表 17-2a　叠绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	2 5	3 6	4 7	5 8	6 1	7 2	8 3

（2）V 形对绕法。嵌绕基本规律是尾随跨节距嵌绕。具体嵌序见附表 17-2b。

附表 17-2b　V 形对绕法

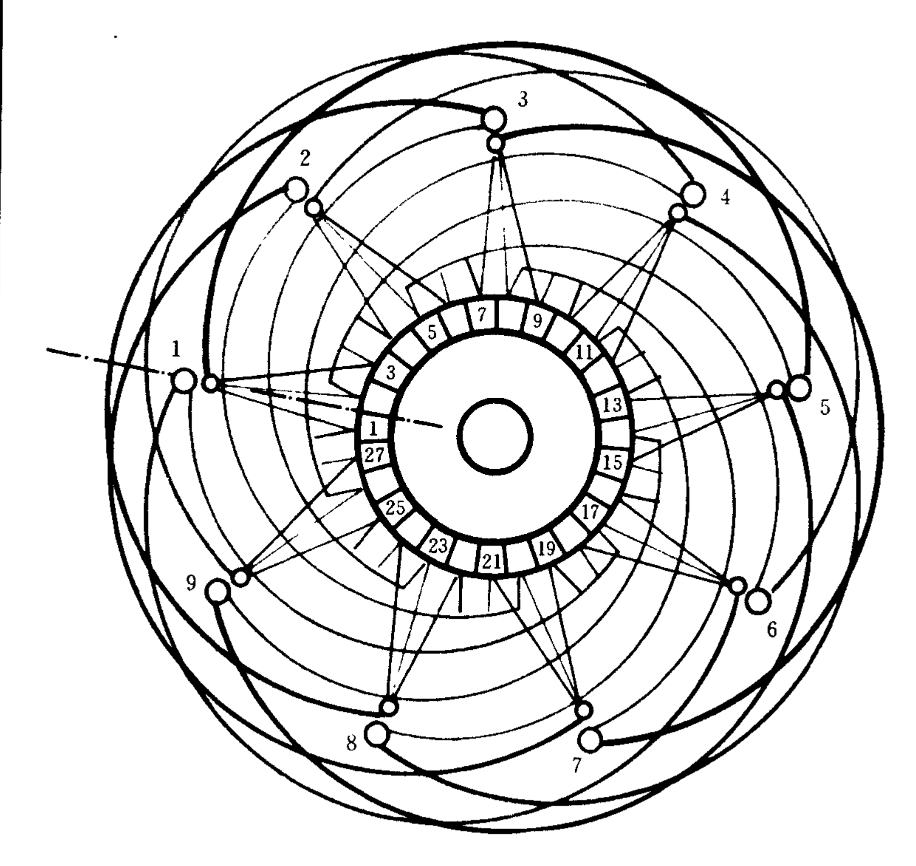
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	4 7	7 2	2 5	5 8	8 3	3 6	6 1

（3）平行对绕法。绕法是按每对次平行嵌绕，嵌绕次序见附表 17-2c。

附表 17-2c　平行对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1 4	5 8	8 3	4 7	7 2	3 6	6 1	2 5

17-3　单相串励应用二极 9×3 槽电枢绕组



彩图 17-3　单相串励应用二极 9×3 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=9$　　虚拟槽数　$Z_0=27$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=27$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=4\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=4$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本转子是 A 类结构，槽中心线与 1、2 号换向片之间的云母片中心线重合，线圈以始槽为基准借偏，因 $n=3$，n 片中心在 2 号片上，故本例是向右借偏半片接线。绕组的线圈节距较极距短半槽，始槽线圈 3 元件的头端分别接入换向片 1、2、3（图中用绿、黄、红表示），线圈从跨距槽 5 引出尾线，并分别对应接到换向片 2、3、4。其余线圈接线由此类推。

本例彩图取自于 J1Z—6 手电钻有关资料绘制，但由于生产厂家较多，借偏接线不尽相同，但只要重绕拆线时能确定 1 号片的位置，则其接线关系与图相同，故对 9×3 槽的串励电枢修理均具有参考意义。

4. 绕组嵌绕工艺要点

电枢采用 3 根导线并行手绕，嵌线方法有两种：

（1）叠绕法。此法工艺简单，但容易造成转子重力不平衡。嵌绕次序如附表 17-3a。

附表 17-3a　叠　绕　法

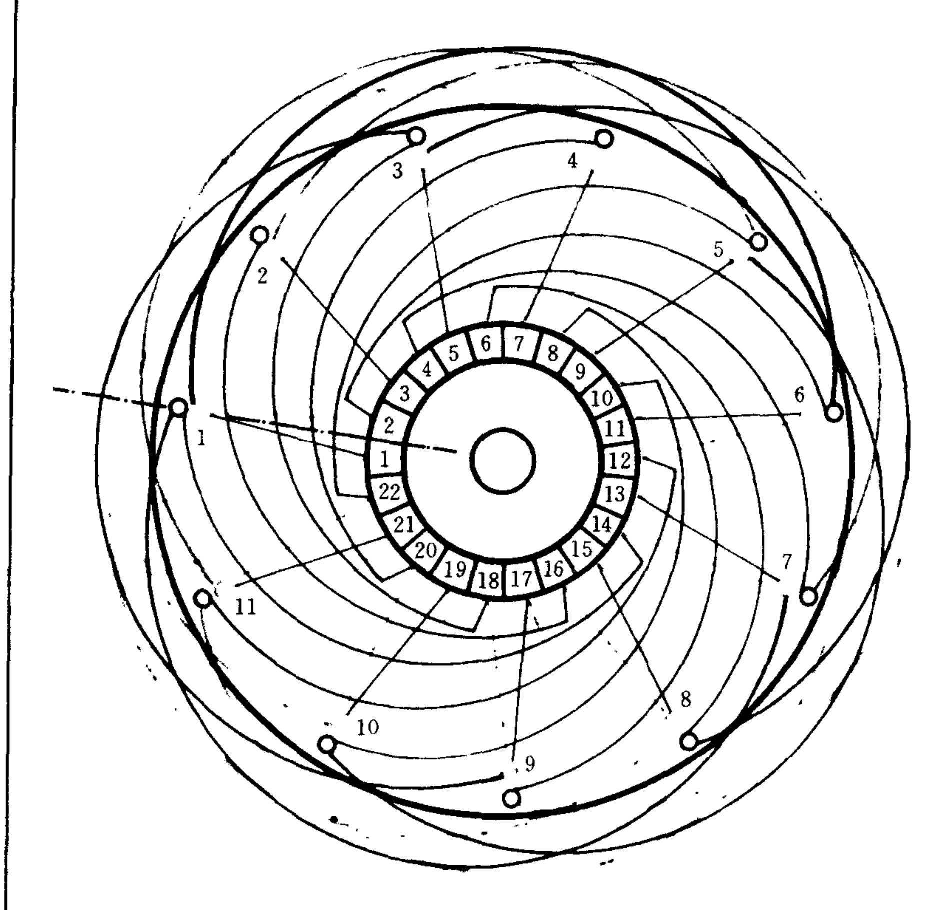
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
线圈槽号	1　5	2　6	3　7	4　8	5　9	6　1	7　2	8　3	9　4

（2）V 形对绕法。此法工艺效果较好，嵌绕次序参考附表 17-3b。

附表 17-3b　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9
线圈槽号	1—5	5　9	9—4	4—8	8—3	3　7	7　2	2　6	6　1

17-4　单相串励应用二极 11×2 槽电枢绕组



彩图 17-4　单相串励应用二极 11×2 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=22$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=22$

每槽元件　$n=2$　　绕组极距　$\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子槽的中心线与换向器云母片中心线重合，属 A 类结构。始槽中心线落在 1、2 号片之间的云母片上，而每槽元件数 $n=2$，n 片中心在 1、2 号片之间，故本绕组系正对接线，即 n 片中线与槽中心线重合，没有借偏。线圈槽节距 $Y=5$，较极距缩短半槽，即线圈从始槽 1 跨到跨距槽 6，而线圈 2 元件首端从始槽引接到换向片 1、2，尾端则从跨距槽引出，并分别对应接到换向片 2、3，其余线圈接线由此类推。

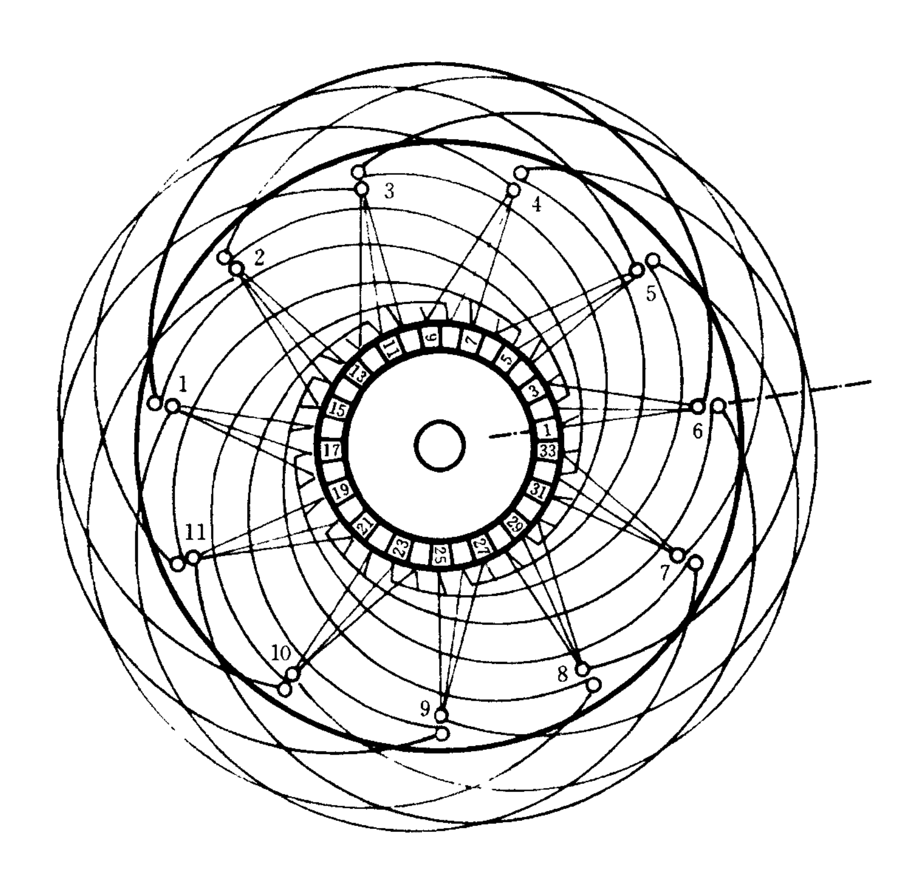
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例 $n=2$，通常采用 2 根导线并行绕线，嵌绕方法有两种，本例为叠绕法，如采用 V 形对绕可参考附表 17-5。

附表 17-4　　叠　绕　法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1　6	2-7	3　8	4　9	5　10	6　11	7　1	8-2	9　3	10　4	11　5

17-5 单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之一



彩图 17-5 单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=11$ 虚拟槽数 $Z_0=33$

电机极数 $2p=2$ 换向片数 $K=33$

每槽元件 $n=3$ 绕组极距 $\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距 $Y=5$ 换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17 5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子是 B 类结构，转子槽中心线与换向片中心线重合。此绕组以跨距槽为基准借偏，基准槽 6 的中心线落在换向片 1 上，而每槽元件 $n=3$，n 片中心线在 2 号片，相距槽中心线 1 片，即线圈向左借偏 1 片接线。接线时将基准槽元件首端接入换向片 1、2、3，其尾线从始槽 1 引出，并分别绿、黄、红对应接到换向片 2、3、4。其余由此类推。

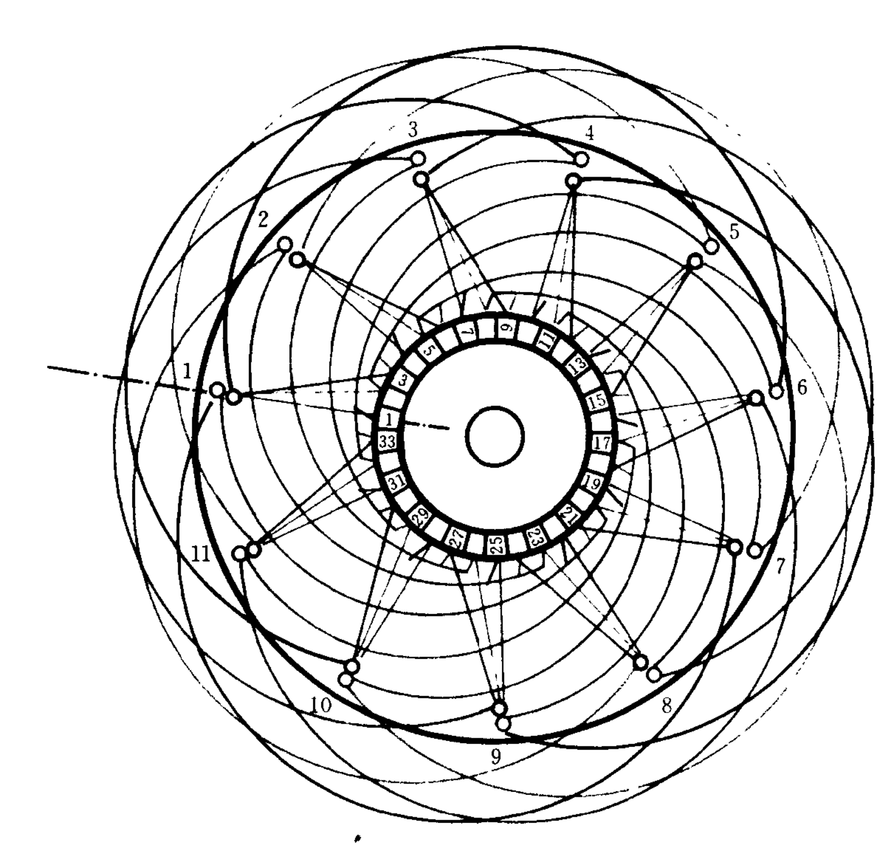
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例 $n=3$，可用 3 根导线并行绕嵌，嵌绕方法除上例叠绕法外，还可用 V 形对绕法。嵌绕次序见附表 17-5。

附表 17-5 V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
线圈槽号	1—6	6—11	11—5	5—10	10—4	4—9	9—3	3—8	8—2	2—7	7—1

17-6　单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之二



彩图 17-6　单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=33$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=33$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_k=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组槽中心线与换向片中心线重合，属 B 类结构。而且，槽中心线穿过起始换向片，故是以始槽为基准借偏接线，由彩图 17-6 可见，1 号片与槽中心线重合，而 n 片中心在线在片 2，故属向右借偏 1 片接线。绕组每线圈包含 3 元件，每元件引线分别用绿、黄、红三色表示并接入换向片 1、2、3；因每元件尾端必须接到相邻换向片上，故其尾线也分别对应接到换向片 2、3、4。其余接线见彩图 17-6 所示。

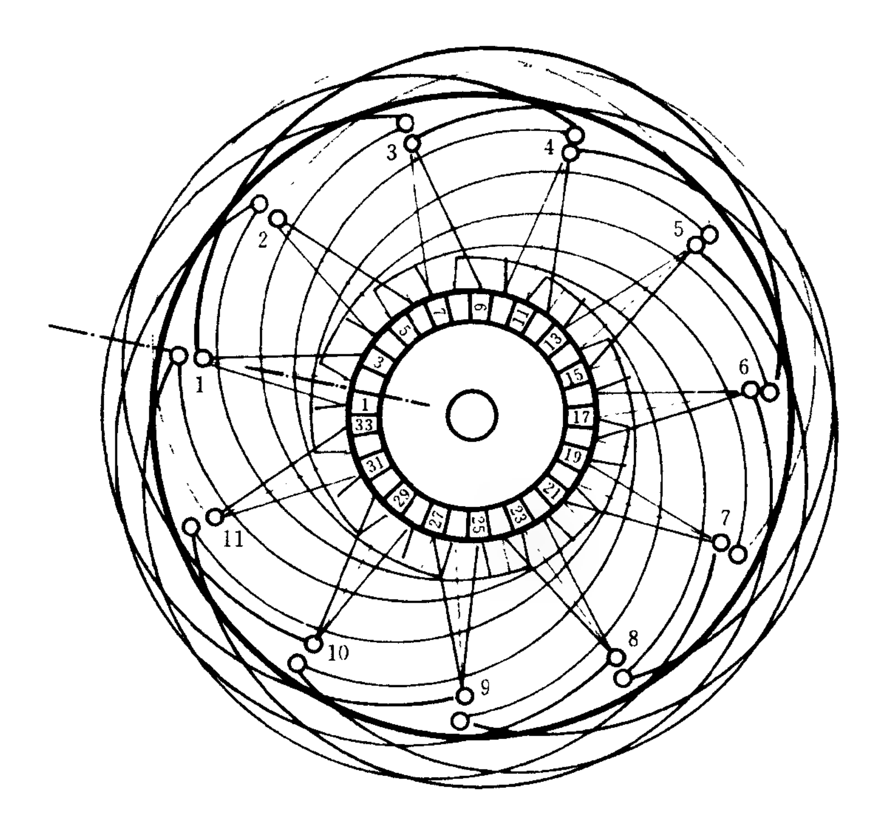
4. 绕组嵌绕工艺要点

11 槽转子可用两种嵌法，其中叠绕法嵌绕会造成各个线圈平均匝长不等，平衡效果较差，但嵌序易记。嵌绕次序见附表 17-6。

附表 17-6　　叠　绕　法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4　9	5　10	6　11
嵌绕次序	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	7　1	8　2	9　3	10　4	11　5	

17-7　单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之三



彩图 17-7　单相串励应用二极 11×3 槽电枢绕组之三

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=11$　　虚拟槽数　$Z_0=33$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=33$

每槽元件　$n=3$　　绕组极距　$\tau=5\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-7。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是 A 类结构转子，并以始槽借偏接线。每槽元件数 $n=3$，n 片中心在换向片 2 号，而始槽中心线与 1、2 号片间的云母片重合，即两中心线相距半片，故系向右借偏半片接线方案。绕组采用短距布线，实槽节距较极距短半槽；1 号线圈尾线从跨距槽引出后分别对应接入换向片 2、3、4。其余接线由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组 $n=3$，手绕时用 3 根导线并行绕嵌，嵌线顺序可用两种方法：

(1) 叠绕法。始槽顺次跨节距绕嵌，具体顺序见附表 17-7a。

附表 17-7a　　叠　绕　法

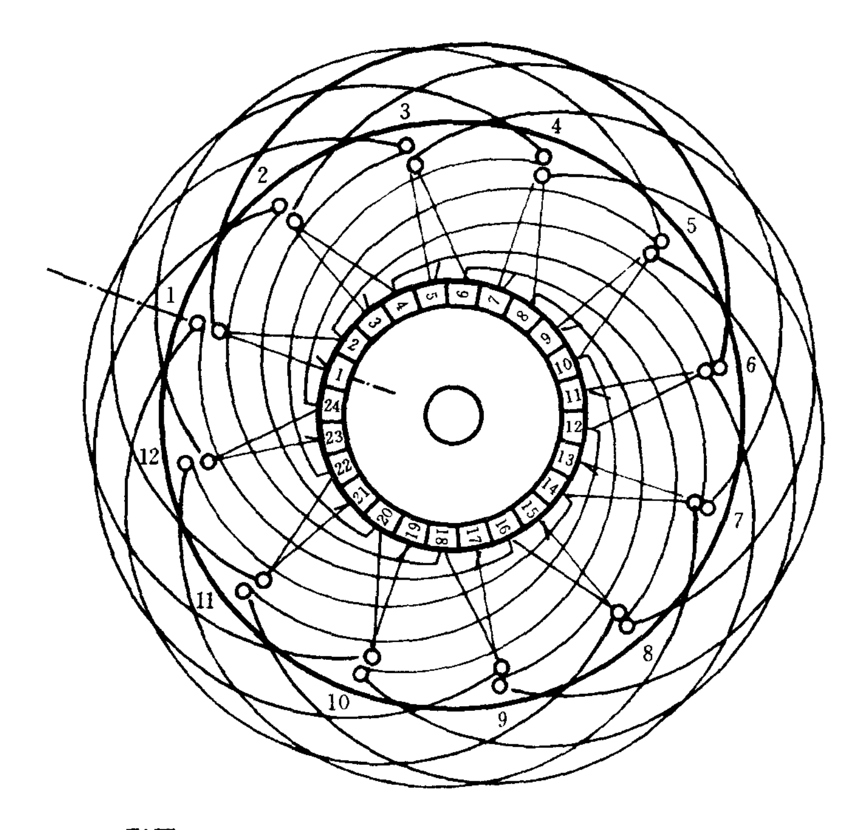
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6
线圈槽号	1　6	2　7	3　8	4　9	5　10	6　11
嵌绕次序	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	7　1	8　2	9　3	10　4	11　5	

(2)V 形对绕法。嵌绕规律是尾随跨距槽嵌绕。嵌绕顺序见附表 17-7b。

附表 17-7b　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6
线圈槽号	1　6	6　11	11　5	5　10	10　4	4　9
嵌绕次序	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	9　3	3　8	8　2	2　7	7　1	

17-8　单相串励应用二极 12×2 槽电枢绕组



彩图 17-8　单相串励应用二极 12×2 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=12$　　虚拟槽数　$Z_0=24$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K-24$

每槽元件　$n=2$　　绕组极距　$\tau=6$

实槽节距　$Y=5$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-8。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子是 B 类结构，始槽中心线与换向片中心线重合。线圈以始槽为基准借偏，因每槽元件数 $n=2$，其中心线在片 1 与片 2 之间的云母片，故属始槽基准向右借偏半片接线。与 1 号槽中心线重合的换向片定为 1 号片，其余片号如彩图 17-8 所示。始槽引出二元件首端分别接入 1、2 号片，其尾线从跨距槽 6 引出后则分别对应接到 2、3 号片。其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

家电用的 12 槽转子直径相差较大，对小直径低转速电枢可采用手工嵌绕；若转速较高或直径较大的转子，为了获得较好的动平衡效果则宜用模绕线圈吊边嵌线。

(1) 手绕嵌线。最好采用对绕法嵌线，嵌法有两种，具体嵌序见下附表 17-8a 和附表 17-8b。

附表 17-8a　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6
线圈槽号	1　6	6　11	11　4	4　9	9　2	2　7
嵌绕次序	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	7　12	12　5	5　10	10　3	3　8	8　1

附表 17-8b　　平行对绕法

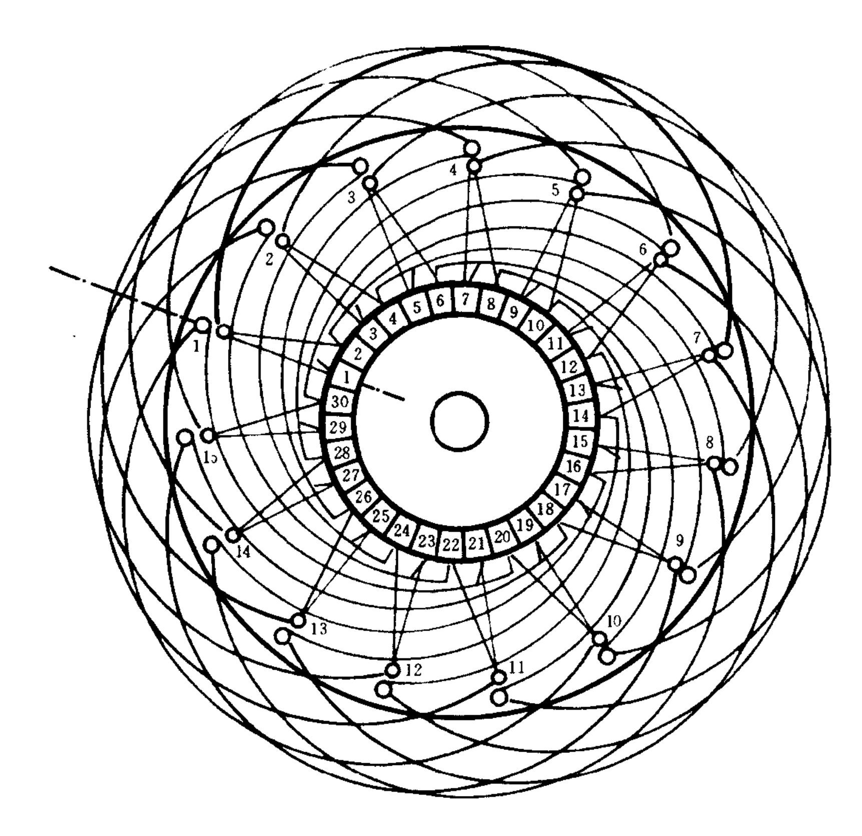
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6
线圈槽号	1　6	7　12	10　3	4　9	11　4	5　10
嵌绕次序	7	8	9	10	11	12
线圈槽号	3　8	9　2	12　5	6　11	8　1	2　7

(2) 模绕嵌线。工艺同普通电机嵌线，因布线均匀，能获得理想的动平衡效果。嵌绕次序见附表 17 8c。

附表 17-8c　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下层	1	12	11	10	9	8		7		6		5
	上层							1		12		11	
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	下层		4		3		2						
	上层	10		9		8		7	6	5	4	3	2

17-9　单相串励应用二极 15×2 槽电枢绕组



彩图 17-9　单相串励应用二极 15×2 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数　$Z=15$　　虚拟槽数　$Z_0=30$

电机极数　$2p=2$　　换向片数　$K=30$

每槽元件　$n=2$　　绕组极距　$\tau=7\frac{1}{2}$

实槽节距　$Y=6$　　换向节距　$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-9。

3. 绕组结构及布接线特点

本例用于较大的手提电钻电动机，嵌绕可用手绕或模绕，手绕推荐选用工艺性能较好的 V 形对绕；模绕则用吊边交叠嵌线。

（1）手绕 V 形对绕法。手绕用 2 根绝缘导线并行绕嵌，嵌线顺序见附表 17-9a。

附表 17-9a　　V 形对绕法

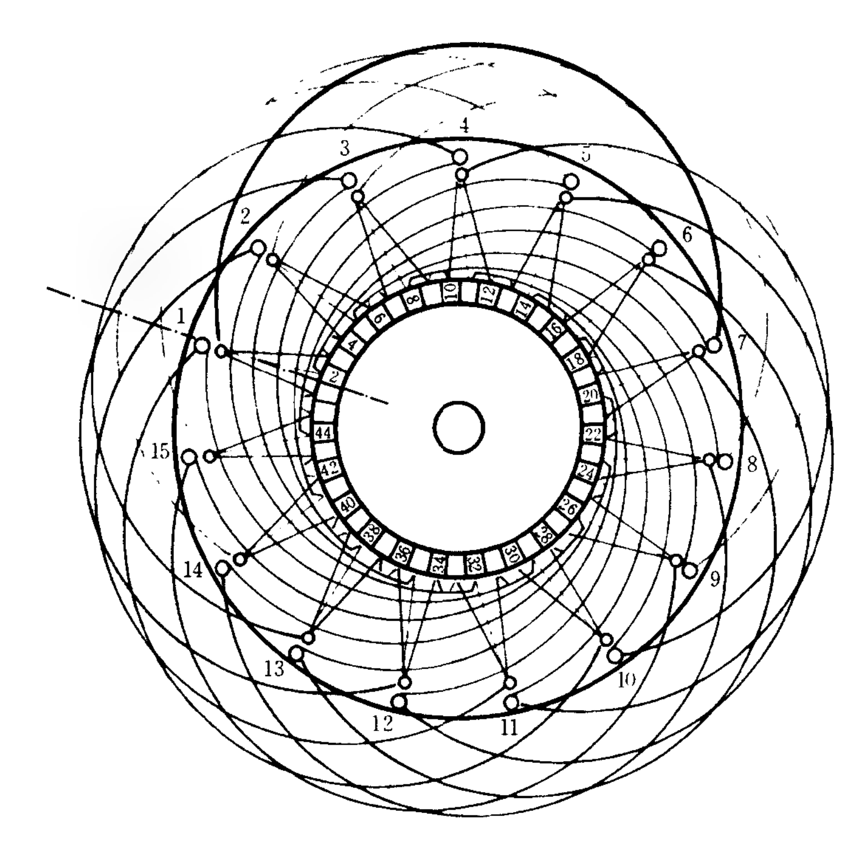
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　7	7　13	13　4	4　10	10　1	2　8	8　14	14　5
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	
线圈槽号	5　11	11　2	3　9	9　15	15　6	6　12	12　3	

（2）模绕交叠法。将线圈用同尺寸模板绕好线圈，然后逐边嵌入，但需吊边 6 个。嵌线顺序见附表 17-9b。

附表 17-9b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	15	14	13	12	11	10		9		8		7		6		5	
	上层								1		15		14		13		12		11
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	4		3		2													
	上层		10		9		8	7	6	5	4	3	2						

17 10 单相串励应用二极 15×3 槽电枢绕组之一



彩图 17-10 单相串励应用二极 15×3 槽电枢绕组之一

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=15$ 虚拟槽数 $Z_u=45$

电机极数 $2p=2$ 换向片数 $K=15$

每槽元件 $n=3$ 绕组极距 $\tau=7\frac{1}{2}$

实槽节距 $Y=6$ 换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17 10。

3. 绕组结构及布接线特点

转子结构属 A 类，即绕组的槽中心线与换向器云母片中心线重合。换向片始编号在始槽一侧，故系以始槽为基准借偏接线；因 $n=3$，n 片中心线在片 2，距始槽中心线仅半片，故本例为以始槽为基准向右借偏半片的接线方案。始槽线圈 3 元件线头分别接入换向片 1、2、3，线圈跨入槽 7 后，其尾端 3 元件引线则分别对应接到换向片 2、3、4。其余由此类推。

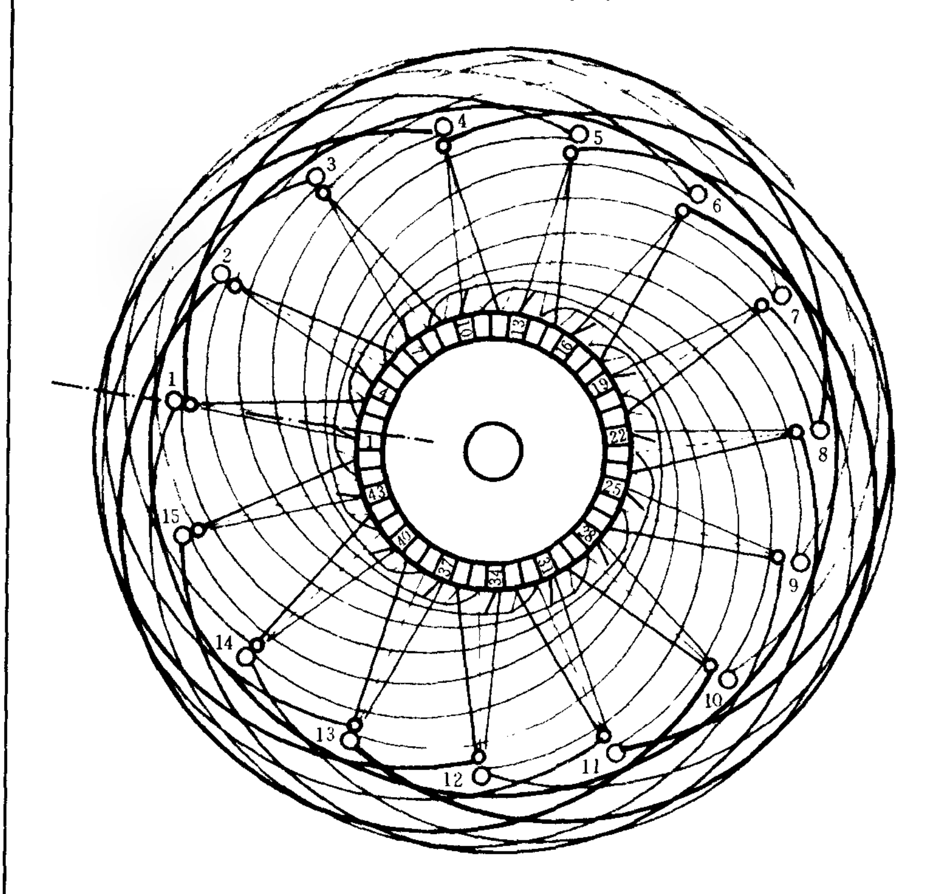
4. 绕组嵌绕工艺要点

本例绕组应用于较大的手提电钻，嵌绕工艺宜用模绕嵌线，即用同规格线模绕制线圈再交叠嵌线 嵌绕次序见附表 17-10。

附表 17-10 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下层	1	15	14	13	12	11	10		9		8		7		6		5	
	上层								1		15		14		13		12		11
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下层	4		3		2													
	上层		10		9		8	7	6	5	4	3	2						

17-11　单相串励应用二极 15×3 槽电枢绕组之二



彩图 17-11　单相串励应用二极 15×3 槽电枢绕组之二

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数	$Z=15$	虚拟槽数	$Z_0=45$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=45$
每槽元件	$n=3$	绕组极距	$\tau=7\frac{1}{2}$
实槽节距	$Y=7$	换向节距	$Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 17-11。

3. 绕组结构及布接线特点

本例绕组结构与上例基本相同，也是始槽中心线与云母片中心线重合，但线圈节距较上例增长 1 槽，即始槽为 1 号则跨距槽在 8 号槽线圈首端 3 元件引线分别接到换向片 1、2、3，其尾线则从槽 8 引出并分别对应接入接向片 2、3、4。其余线圈接线由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组主要应用于较大的手提电钻和其他电动工具，嵌绕工艺对动平衡要求较高，故手工嵌绕宜用 V 形对绕，否则也可用模绕线圈嵌线。

(1) V 形对绕法。用 3 根绝缘导线并行嵌绕。嵌绕次序见附表 17-11a。

附表 17-11a　　V 形对绕法

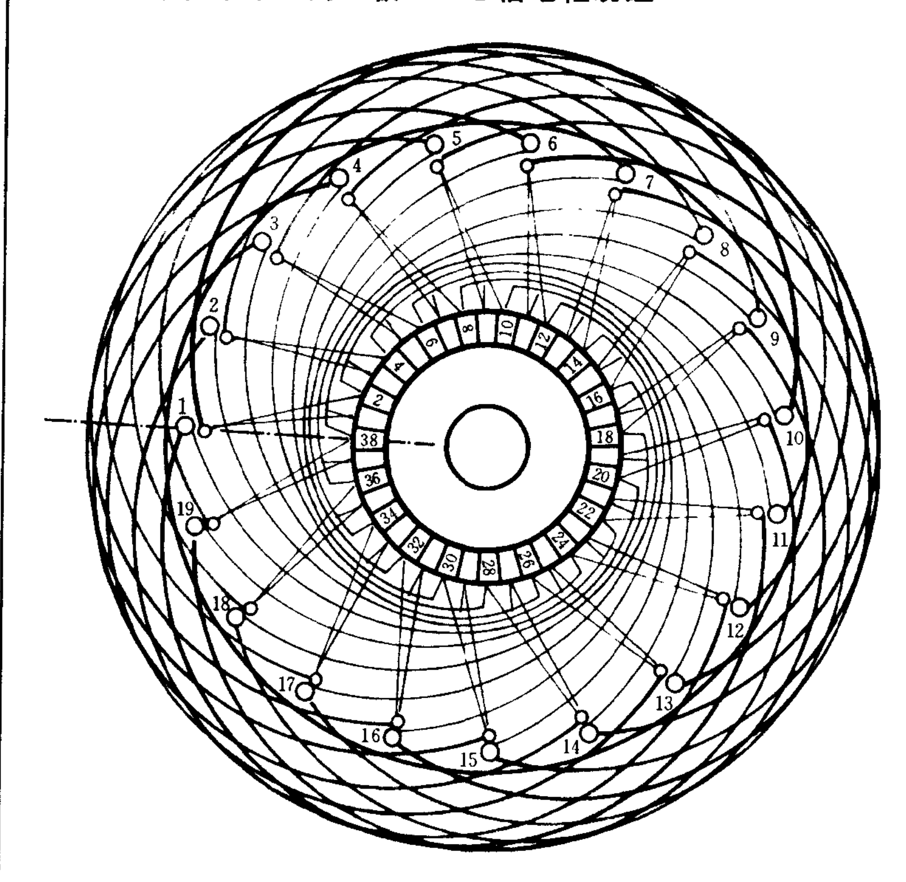
嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8
线圈槽号	1　8	8　15	15　7	7　14	14　6	6　13	13　5	5　12
嵌绕次序	9	10	11	12	13	14	15	
线圈槽号	12　4	4　11	11　3	3　10	10　2	2　9	9　1	

(2) 交叠法。用线模绕制线圈后交叠嵌入，但需吊边 7 个，此法嵌线的重量均匀、动平衡效果较好。嵌法次序见附表 17-11b。

附表 17-11b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	1	15	14	13	12	11	10	9		8		7		6	
	上层									1		15		14		13
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	5		4		3		2								
	上层		12		11		10		9	8	7	6	5	4	3	2

17.12 单相串励应用二极 19×2 槽电枢绕组



彩图 17-12 单相串励应用二极 19×2 槽电枢绕组

1. 电枢绕组主要参数

转子槽数 $Z=19$　　虚拟槽数 $Z_0=38$

电机极数 $2p=2$　　换向片数 $K=38$

每槽元件 $n=2$　　绕组极距 $\tau=9\frac{1}{2}$

实槽节距 $Y=9$　　换向节距 $Y_K=1$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 7-12。

3. 绕组结构及布接线特点

本例转子属 B 类结构，转子槽中心线与换向片中心线重合。始槽中心线落在 38 号换向片上，而 $n=2$，n 片中心线在 1、2 号片之间的云母片上，即 1 号槽线圈是向右借偏 1 片半接线。接线时将始槽线圈 2 元件引线接入换向片 1、2，线圈跨至槽 10（跨距槽）后，将其元件的尾线分别对应接到 2、3 片。其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组用于容量较大的电动工具，由于转子直径较大，容易产生重力不平衡而振动，故嵌线要求尽量均匀分布，宜采用 V 形对绕或模绕嵌线。

（1）V 形对绕法。第 1 只线圈跨 9 槽节距嵌绕，下一线圈尾随跨入槽嵌绕。嵌绕顺序见附表 17-12a。

附表 17-12a　　V 形对绕法

嵌绕次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
线圈槽号	1　10	10　19	19　9	9　18	18　8	8　17	17　7	7　16	16　6	6　15
嵌绕次序	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
线圈槽号	15　5	5　14	14　4	4　13	13　3	3　12	12　2	2　11	11　1	

（2）交叠法。用模板以 2 根导线并行绕制线圈，然后交叠嵌入，但需吊边 9 个。嵌绕顺序见附表 17-12b。

附表 17-12b　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	1	19	18	17	16	15	14	13	12	11		10		9		8		7		6
	上层											1		19		18		17		16	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层		5		4		3		2												
	上层	15		14		13		12		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2		

彩图 18　汽车用电机绕组布线接线图

汽车用发电机包括直流发电机和交流发电机。直流发电机的定子绕组是结构简单的励磁绕组，它每极只有一只套在凸极上的集中式绕组；其转子绕组是电枢，是直流电机最易受损的部位，故直流电机修理主要是电枢绕组修理。交流发电机转子则是磁极，其励磁线圈结构也比较简单，且故障较少，其电枢在定子，发生故障也主要在定子绕组。为此，本节主要介绍直流电枢绕组和交流三相绕组的布接线。为便于看图，特作说明如下：

（1）汽车用的直流发电机电枢有单叠绕组和死波绕组。

（2）直流电机参数中的“虚拟槽数”即是“单元槽”，是以元件为单位表示的槽数，它通常等于换向片数 K，可用下式表示，有

$$Z_0 - K = Zn$$

式中　Z— 转子实槽数；

n— 每只线圈包含的元件数，对多匝软线圈则是绕制线圈的有效并绕导线数。

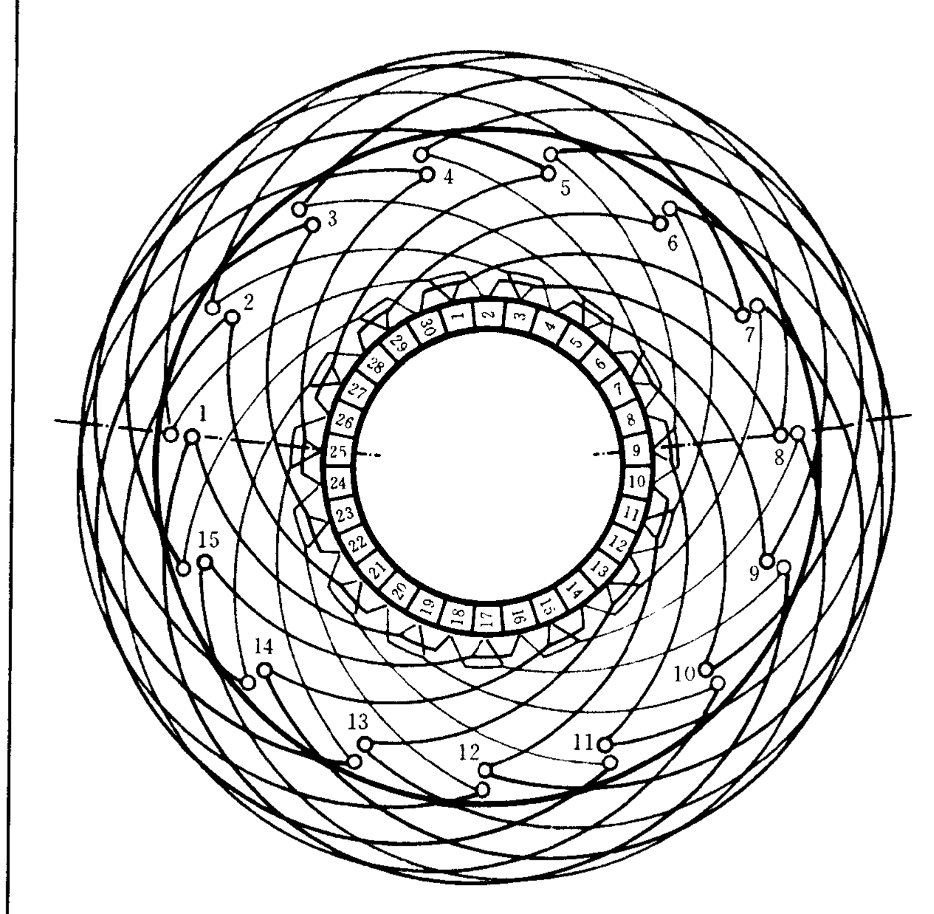
（3）直流电机标题用复式槽数表示，例如“21×2—1”中，“21”是实槽数 Z；“2”是每槽元件数 n；21×2（=42）即是虚拟槽数 Z_0（即总元件数）；而“ 1”代表有一只死元件；另“21×2−1”（=41）则是换向片数 K=41 片。

（4）直流电枢绕组用彩色绘制，槽中小圈代表线圈有效边；弧线彩色是便于看图识别，但 1 号线圈及带死元件的线圈则用黄色绘制，但死元件则用黑色画出以示更加清晰醒目。

（5）接到换向器的彩色是对应的，即红色是同一元件；绿色是另一元件。

（6）汽车交流发电机绕组均系三相单层链式庶极绕组，彩图色别为黄色（U 相）、绿色（V 相）、红（W 相）。

18-1 汽车直流发电机二极 15×2 槽电枢单叠绕组



彩图 18-1 汽车直流发电机二极 15×2 槽电枢单叠绕组

1. 电机绕组主要参数

转子槽数 $Z=15$　　虚拟槽数 $Z_0=30$

电机极数 $2p=2$　　换向片数 $K=30$

总线圈数 $Q=15$　　每槽圈数 $t=1$

绕组极距 $\tau=7\frac{1}{2}$　　每圈元件 $n=2$

换向节距 $Y_K=1$　　实槽节距 $Y=7$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-1。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是汽车及内燃机用的直流发电机电枢绕组，采用单叠绕组布线，线圈节距 $Y=1\sim8$，线圈采用对称引接，即第 1 槽线圈（以上层边线圈计）的 2 元件分别接入换向片 1、2，其尾线从槽 8 引出并对应接到换向片 2、3。必须注意的是 1、2 号换向片的位置，它是由 1 号槽中心线与换向片中心线重合所在片定为 25 号片，然后顺时针编号来确定 1、2 号片的，这时 8 号槽中心线则必定落在 9 号换向片上。同理 2 号线圈始边的 2 元件分别接到换向片 3、4，其尾线从 9 号槽引出并对应接到换向片 4、5。其余由此类推。

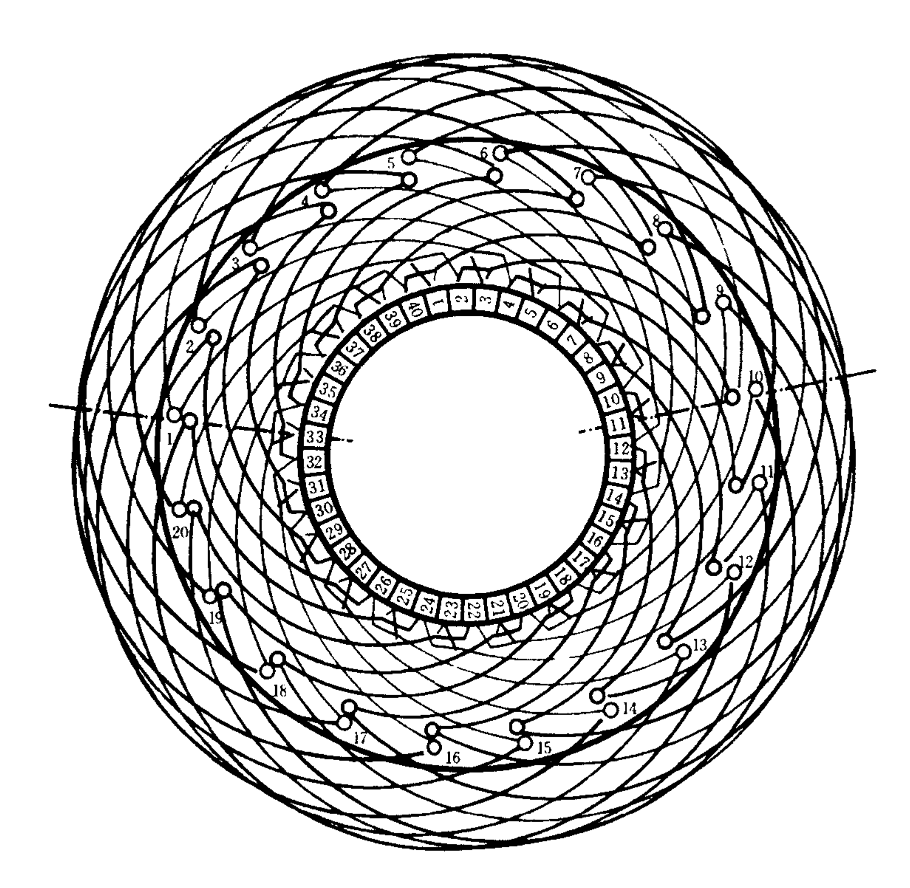
4. 绕组嵌绕工艺要点

电枢绕组采用多匝软线圈，即按常规用线模将线圈绕制好再进行嵌线，因每线圈有 2 元件，故线圈应用 2 根并绕。嵌线方法与双层绕组定子相同，但习惯多用前进式交叠法嵌线。嵌线顺序见附表 18-1。

附表 18-1　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8		9		10		11	
	上层									1		2		3		4
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	下层	12		13		14		15								
	上层		5		6		7		8	9	10	11	12	13	14	15

18-2　汽车直流发电机二极 20×2 槽电枢单叠绕组



彩图 18-2　汽车直流发电机二极 20×2 槽电枢单叠绕组

1. 电机绕组主要参数

转子槽数	$Z=20$	虚拟槽数	$Z_0=40$
电机极数	$2p=2$	换向片数	$K=40$
总线圈数	$Q=20$	每槽圈数	$t=1$
绕组极距	$\tau=10$	每圈元件	$n=2$
换向节距	$Y_K=1$	实槽节距	$Y=9$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-2。

3. 绕组结构及布接线特点

绕组采用对称引接。与槽 1 中心线重合的换向片编号为 33，并按顺时针编写换向片号，这时 10 号槽中心线上的换向片应是 11。槽 1—10 线圈两元件起端分别接入片 1、2，其尾端由 10 号槽引出，并对应接到换向片 2、3。其余线圈接线依此进行。

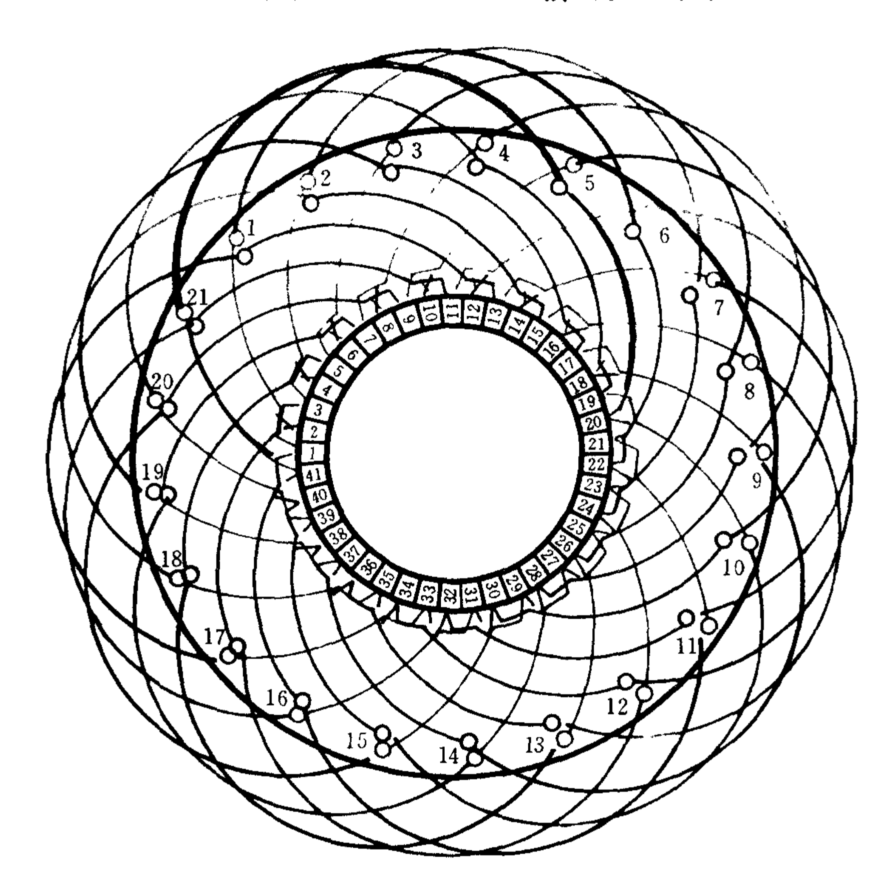
4. 绕组嵌绕工艺要点

此绕组采用软线圈，即用线模绕制线圈后用交叠法嵌线。绕制线圈时用 2 根并绕，一次绕成双元件线圈。嵌线吊边数为 9，前进式嵌线顺序见附表 18-2。

附表 18-2　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
槽号	下层	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12		13		14		15
	上层											1		2		3		4		5	
嵌绕次序		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
槽号	下层		16		17		18		19		20										
	上层	6		7		8		9		10		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

18-3 汽车直流发电机四极 21×2—1 槽电枢死波绕组



彩图 18-3 汽车直流发电机四极 21×2—1 槽电枢死波绕组

1. 电机绕组主要参数

转子槽数 $Z=21$　　虚拟槽数 $Z_0=42$

电机极数 $2p=4$　　换向片数 $K=41$

总线圈数 $Q=21$　　总元件数 $S_Z=42$

有效元件 $S=41$　　死元件数 $S_0=1$

每圈元件 $n=2$　　绕组极距 $\tau=5\frac{1}{4}$

实槽节距 $Y=5$　　换向节距 $Y_K=20$

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-3。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是具有死（伪）元件的单波绕组，是普通单波绕组的特殊型式。在一般单波绕组中，为满足绕组单波绕行，换向片数 K 必须的奇数，而绕组总元件数 $S_Z=Zn-K$，要使 K 值为奇数，则 Z 和 n 均应为奇数；但本例转子 $Z=21$（奇数），而 $n=2$ 为偶数，使 K 值为偶数，导致单波绕组局部闭路而无法继续绕行，对此要人为地取换向片数 K 为奇数，并将总元件数中的一个元件不与换向器连接，从而形成“死元件”（伪元件或假元件）。

本例绕组还采用缩短 $\frac{1}{4}$ 槽的短节距，线圈节距为 1—6，1 槽（上层）2 元件分别接入换向片 1、2；其尾端从跨距槽 6（下层）引出并对应接到换向片 2、3，其余由此类推。但由于 $K/Z\neq$ 整数，转子槽中心线与换向器并不存在固定的关系，故修理时要十分注意，找出具有死元件的线圈并将其编号为槽 21，由该槽引线接入的换向片编号 11；而顺时针下一槽号即编为 1 号，线圈首端 2 元件引线当分别接到 1、2 号片，其尾端从槽 5 引出后对应接到换向片 2、3。其余由此类推。

4. 绕组嵌绕工艺要点

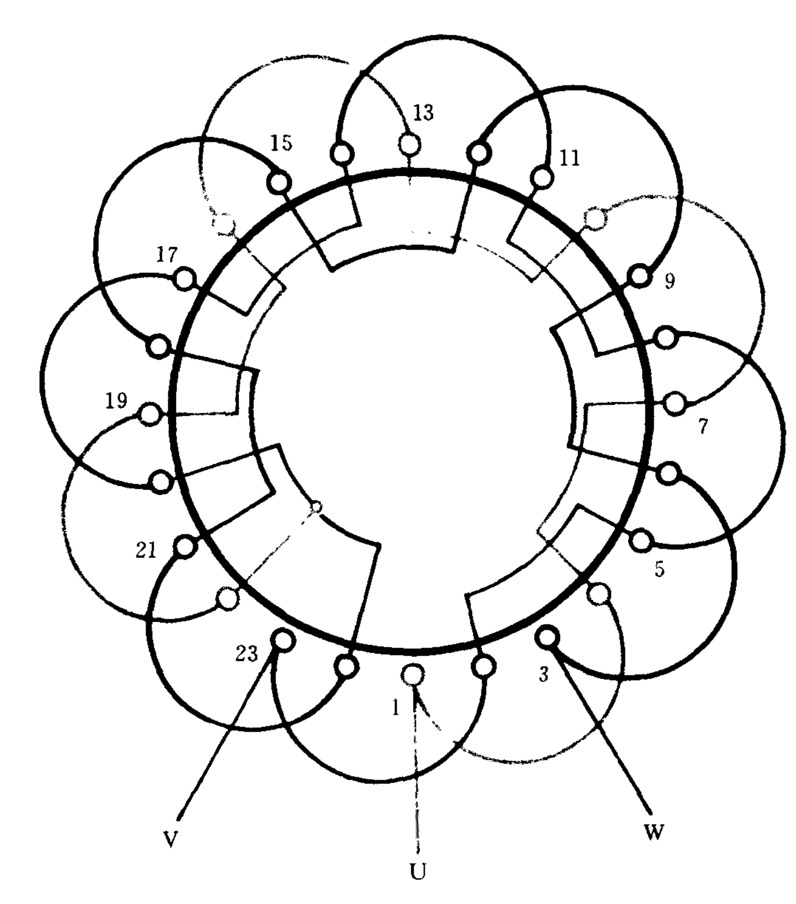
绕组由线模绕制的软元件组成，并用 2 根导线并绕。嵌线则采用前进式交叠法，需吊边数为 5。嵌线顺序见附表 18-3。

附表 18-3　　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
槽号	下层	1	2	3	4	5	6		7		8		9		10		11		12		13	
	上层							1		2		3		4		5		6		7		8
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
槽号	下层	14		15		16		17		18		19		20		㉑						
	上层		9		10		11		12		13		14		15		16	17	18	19	20	㉑

注　带圈槽号是嵌入带死元件的线圈。

18-4　汽车交流发电机三相八极 24 槽单层链式庶极绕组



彩图 18-4　汽车交流发电机三相八极 24 槽单层链式庶极绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=24$	电机极数	$2p=8$
总线圈数	$Q=12$	线圈组数	$u=12$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=1$
绕组极距	$\tau=3$	线圈节距	$Y=3$
绕组系数	$K_{dp}=1$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=60°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-4。

3. 绕组结构及布接线特点

本例系汽车及内燃机用交流发电机绕组，采用三相绕组庶极布线，每相八极绕组仅用 4 只线圈，接线采用顺向串联，即全部线圈极性相同。绕组线圈数少，无需槽内层间绝缘，槽面积的有效利用率较高。而且嵌线省工省时，是汽车发电机选用的主要型式。三相绕组采用星形接法，星点在机内联接，但根据不同的车型而有星点绝缘或星点接地系统；三根引出线与体内的三相桥式整流输入端连接。

4. 绕组嵌绕工艺要点

嵌线可采用两种方法：

(1) 交叠法。此法嵌线需吊 1 边，嵌线时是嵌 1 槽，退空 1 槽嵌 1 槽，再退空 1 槽嵌 1 槽。嵌线顺序见附表 18-4a。

附表 18-4a　　交　叠　法

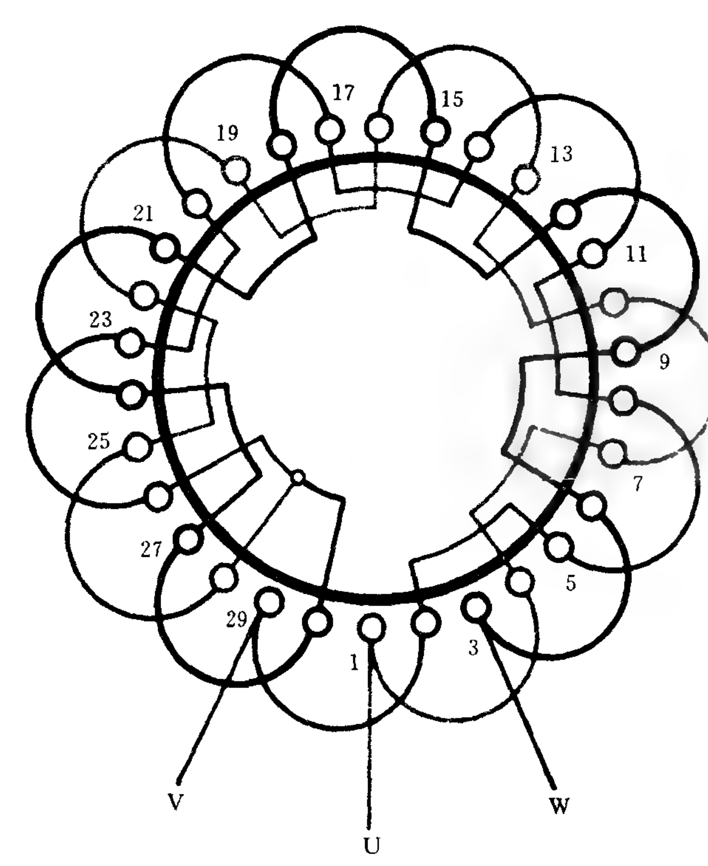
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	沉边	1	23		21		19		17		15		13
	浮边			2		24		22		20		18	
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	沉边		11		9		7		5		3		
	浮边	16		14		12		10		8		6	4

(2) 整嵌法。此法嵌线无需吊边，但三相绕组分布于双平面层次，接线时要分清线圈的相别。嵌线是整嵌 1 圈，空出 1 圈再嵌入 1 圈，嵌满下平面层次后再嵌上平面。嵌线顺序见附表 18-4b。

附表 18-4b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
槽号	下平面	1	4	21	24	17	20	13	16	9	12	5	8
嵌绕次序		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
槽号	上平面	3	6	23	2	19	22	15	18	11	14	7	10

18-5　汽车交流发电机三相十极 30 槽单层链式庶极绕组



彩图 18-5　汽车交流发电机三相十极 30 槽单层链式庶极绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=30$	电机极数	$2p=10$
总线圈数	$Q=15$	线圈组数	$u=15$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=1$
绕组极距	$\tau=3$	线圈节距	$Y=3$
绕组系数	$K_{dp}=1$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=60°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-5。

3. 绕组结构及布接线特点

本例采用庶极布线，每相绕组由 5 只等距线圈（组）顺接串联构成 10 极，同相相邻线圈间的连接是“尾接头”，按此构成的三相绕组全部线圈电流方向均应相同。此绕组的三相尾端在机内接成星点，但不同车型线路设计需要而接成星点接地系统或星点绝缘系统；三相首端则引接到机内的三相桥式整流输入端。

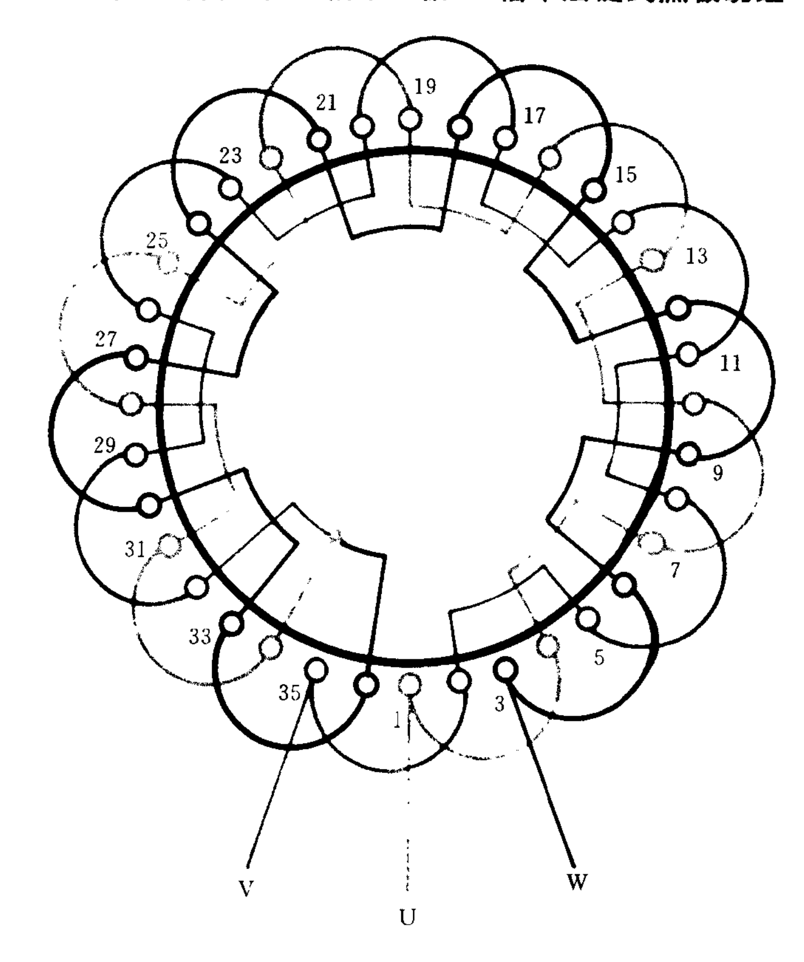
4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组采用软线圈嵌线，嵌法有两种，但因 q 等于奇数，整嵌法将形成端部三平面层次，一般较少应用。常用交叠法嵌线，嵌 1 槽，退空 1 槽嵌 1 槽。嵌线吊边数为 1。嵌线顺序见附表 18-5。

附表 18-5　　交　叠　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
槽号	沉边	1	29		27		25		23		21		19		17	
槽号	浮边			2		30		28		26		24		22		20
嵌绕次序		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
槽号	沉边	15		13		11		9		7		5		3		
槽号	浮边		18		16		14		12		10		8		6	4

18-6 汽车交流发电机三相十二极 36 槽单层链式庶极绕组



彩图 18-6 汽车交流发电机三相十二极 36 槽单层链式庶极绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数 $Z=36$　　电机极数 $2p=12$

总线圈数 $Q=18$　　线圈组数 $u=12$

每组圈数 $S=1$　　极相槽数 $q=1$

绕组极距 $\tau=3$　　线圈节距 $Y=3$

绕组系数 $K_{dp}=1$　　并联路数 $a=1$

每槽电角 $\alpha=60°$　　绕组接法 Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-6。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是汽车及内燃机所用交流发电机绕组，采用庶极布线。每相由 6 只（组）线圈顺向串联而成；三相绕组相隔 120°电角分布，但全部线圈极性均相同。三相绕组采用星形接法，星点在机内，并根据需要而采用接地或不接地；三相引出线则接到机内整流极的电源端。

4. 绕组嵌绕工艺要点

线圈用同一规格线模绕制后可采用两种方法嵌线：

（1）交叠法。交叠嵌线需吊起 1 边。嵌线顺序见附表 18-6a。

附表 18-6a　　交　叠　法

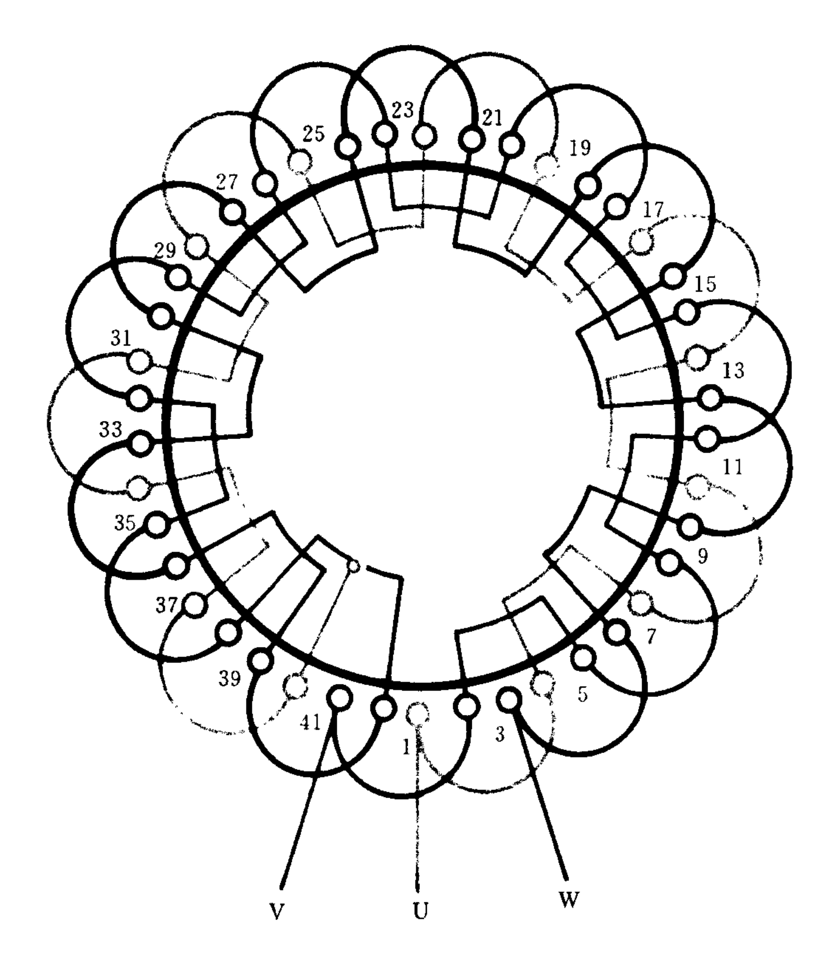
嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	沉边	1	35		33		31		29		27		25		23		21		19
	浮边			2		36		34		32		30		28		26		24	
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	沉边		17		15		13		11		9		7		5		3		
	浮边	22		20		18		16		14		12		10		8		6	4

（2）整嵌法。整嵌法无需吊边，绕组端部呈双平面结构。对于多极数电机，交叠嵌线并无困难，故整嵌法无明显优点。嵌线顺序见附表 18-6b。

附表 18-6b　　整　嵌　法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
槽号	下平面	1	4	33	36	29	32	25	28	21	24	17	20	13	16	9	12	5	8
嵌绕次序		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
槽号	下平面																		
	上平面	3	6	35	2	31	34	27	30	23	26	19	22	15	18	11	14	7	10

18-7 汽车交流发电机三相十四极 42 槽单层链式庶极绕组



彩图 18-7 汽车交流发电机三相十四极 42 槽单层链式庶极绕组

1. 电机绕组主要参数

定子槽数	$Z=42$	电机极数	$2p=14$
总线圈数	$Q=21$	线圈组数	$u=21$
每组圈数	$S=1$	极相槽数	$q=1$
绕组极距	$\tau=3$	线圈节距	$Y=3$
绕组系数	$K_{dp}=1$	并联路数	$a=1$
每槽电角	$\alpha=60°$	绕组接法	Y 形

2. 绕组布线接线图

绕组布线接线图见彩图 18-7。

3. 绕组结构及布接线特点

本例是汽车专用交流发电机绕组。采用庶极布线，每相由 7 只全距线圈顺向串联而成，即线圈极性相同，故是“尾与头”相接。三相绕组是星形接法，三相尾端连接成星点，可视电路设计需要而接地或不接地；三相首端则引接到机内整流板的桥式整流电路电源端。

4. 绕组嵌绕工艺要点

绕组可采用两种嵌法，若采用整嵌法则不用吊边，是隔圈整嵌，形成双平面绕组；但一般较多用交叠法，因交叠嵌线仅吊 1 边，对操作不致造成困难，而绕组端部整形容易，且较美观。嵌线顺序见附表 18-7。

附表 18-7 交 叠 法

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
槽号	沉边	1	41		39		37		35		33		31		29		27		25		23	
	浮边			2		42		40		38		36		34		32		30		28		26
嵌绕次序		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
槽号	沉边	21		19		17		15		13		11		9		7		5		3		
	浮边		24		22		20		18		16		14		12		10		8		6	4

附录二　单相及民用电动机绕组技术数据表

附表 1　　**DO_2 系列单相电容运转电动机技术数据表**

电机型号	额定参数						定子铁心（mm）				绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组		副绕组			彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	外径	内径	长度	气隙			每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	电容器（μF/V）	
DO_2—4514	6	220	0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.20	4	12/18	700	0.18	675	0.16	1/630	彩图 1-1（4—12—2/1—A/B）
DO_2—4524	10		0.26		24	0.80						12/18	600	0.20	520	0.16	1/630	
DO_2—5014	16		0.28		33	0.80	80	44	45	0.20		12/18	560	0.21	455	0.21	2/630	
DO_2—5024	25		0.36		38	0.82						12/18	436	0.25	435	0.21	2/630	
DO_2—5614	40		0.49		45	0.82	90	54	50	0.25		24/18	356	0.28	508	0.23	2/630	彩图 1-6（4　24　-3/3—A）
DO_2—5624	60		0.64		50	0.85						24/18	348	0.31	339	0.28	4/630	
DO_2—6314	90		0.94		51	0.85	96	58	45	0.25		24/18	302	0.35	374	0.31	4/630	
DO_2—6324	120		1.17		55	0.85			54			24/30	259	0.40	365	0.31	4/630	
DO_2—7114	180		1.58		59	0.88	110	67	50	0.25		24/30	206	0.42	330	0.38	6/430	
DO_2—7124	250		2.04		62	0.90			62			24/30	165	0.47	268	0.42	8/430	
DO_2—4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.20	2	12/18	868	0.18	971	0.16	1/630	彩图 1-8（2—12—3/3—B）
DO_2—4522	16		0.26		35	0.80						12/18	750	0.20	796	0.19	1/630	
DO_2—5012	25		0.33		40	0.85	80	44	45	0.20		12/18	519	0.25	819	0.23	2/630	
DO_2—5022	40		0.42		42	0.90						12/18	489	0.25	698	0.25	2/630	
DO_2—5612	60		0.57		53	0.90	90	48	50	0.25		24/18	454	0.28	527	0.31	4/630	彩图 1-12（2　24　6/6　B）
DO_2—5622	90		0.81		56	0.90						24/18	363	0.33	467	0.31	4/630	
DO_2—6312	120		0.91		63	0.95	96	50	45	0.25		24/18	415	0.40	593	0.31	4/630	
DO_2—6322	180		1.29		67	0.95			54			24/18	320	0.45	427	0.33	6/630	
DO_2—7112	250		1.73		69	0.95	110	58	50	0.25		24/18	271	0.50	382	0.45	8/630	

附表 2　　**DO 系列单相电容运转电动机技术数据表**

电机型号	额定参数						定子铁心（mm）				绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组		副绕组			彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	外径	内径	长度	气隙			每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	电容器（μF）	
DO—4514	8	220	0.20	1400	23	0.80	71	38	45	0.20	4	12/15	575	0.20	650	0.16	1	彩图 1-1（4—12—2/1—A/B）
DO—4524	15		0.28		30	0.80						12/15	523	0.21	670	0.17	1	
DO—5014	25		0.35		35	0.82	80	42	34	0.15		12/15	504	0.25	523	0.18	2	
DO—5024	40		0.52		40	0.82			44			12/15	373	0.27	598	0.20	2	
DO—5614	60		0.72		45	0.84	90	52	38	0.20		24/18	350	0.29	460	0.27	4	彩图 1-6（4—24—3/3—A）
DO—5624	90		0.97		49	0.84			48			24/18	260	0.31	420	0.29	4	
DO—6314	120		1.20		53	0.86	102	60	44	0.25		24/22	265	0.38	460	0.29	4	
DO—6324	180		1.67		57	0.86			55			24/22	213	0.44	355	0.33	6	
DO—4512	15	220	0.23	2800	36	0.82	71	38	45	0.20	2	12/15	823	0.23	1258	0.23	1	彩图 1-8（2—12—3/3—B）
DO—4522	25		0.32		42	0.84						12/15	698	0.25	1369	0.25	1	
DO—5012	40		0.45		48	0.84	80	43	35	0.25		12/15	700	0.25	920	0.25	2	
DO—5022	60		0.55		53	0.86			46			12/15	550	0.29	778	0.29	2	
DO—5612	90		0.82		58	0.86	90	48	38	0.25		24/18	500	0.33	650	0.33	4	彩图 1-12（2—24—6/6—B）
DO—5622	120		1.00		62	0.88			48			24/18	400	0.41	640	0.41	4	
DO—6312	180		1.42		65	0.88	102	54	44	0.25		24/18	341	0.44	510	0.44	6	

附表 3　　**JX（新）系列单相电容运转电动机技术数据表**

电机型号	额定参数			定子铁心（mm）				定子槽数 Z_1	转子槽数 Z_2	绕组极数	主绕组		副绕组			彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	外径	内径	长度	气隙				每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	电容器（μF/V）	
JX—4514	8	220	0.25	71	38	45	0.20	12	15	4	576	0.20	650	0.16	1/630	彩图 1-1（4—12—2/1—A/B）
JX—4524	15		0.35								524	0.21	670	0.17	1/630	
JX—5014	25		0.50	80	42	50	0.20	12	15		408	0.31	490	0.21	2/630	
JX—5024	40		0.60								370	0.33	527	0.21	2/630	
JX—5614	60		0.80	90	52	40	0.20	24	22		704	0.29	503	0.27	4/630	彩图 1-6（4—24—3/3—A）
JX—5624	90		1.00			48					318	0.31	559	0.29	4/630	

续表

电机型号	额定参数			定子铁心（mm）				定子槽数 Z_1	转子槽数 Z_2	绕组极数	主绕组		副绕组			彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	外径	内径	长度	气隙				每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	电容器（μF/V）	
JX—4512	15	220	0.25	71	38	45	0.20	12	15	2	823	0.23	1258	0.19	1/630	彩图 1-8（2 12－3/3 B）
JX—4522	25		0.40								698	0.25	1324	0.21	1/630	
JX—5012	40		0.50	80	42	50	0.20	12	15		553	0.33	994	0.21	2/630	
JX—5022	60		0.60								554	0.33	1084	0.21	2/630	
JX—5612	90		1.00	90	48	40	0.25	24	18		536	0.38	755	0.25	4/630	彩图 1-12（2 24－6/6 B）
JX—5622	120		1.20			48					447	0.44	627	0.27	4/630	

附表 4　JX（老）系列单相电容运转电动机技术数据表

电机型号	额定参数						定子铁心（mm）				绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组		副绕组			彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	主相电流（A）	副相电流（A）	外径	内径	长度	气隙			每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	电容器（μF/V）	
JX05B—4	4	220	0.15	1300	0.149	0.112	71	36	30	0.25	4	16/10	800	0.16	800	0.15	1/262	彩图 1-2（4 16 1/1 B）
JX05A—4	8		0.20	1300	0.207	0.115			42				570	0.18	656	0.19	1/262	
JX06B—4	15		0.28	1350	0.225	0.157	84	42	35	0.25	4	16/10	600	0.20	600	0.20	1.5/275	彩图 1-3（4 16－2/2 A）
JX06A—4	25		0.39	1350	0.447	0.252			45				412	0.23	412	0.23	2.5/265	
JX07B—4	40		0.55	1400			94	48	36	0.23	4	18/15	(584)	0.27	(584)	0.27	6/	彩图 1 4
JX07A—4	60		0.75	1400	—	—			45				(470)	0.29	(470)	0.29	8/	彩图 1 5
JX05B—2	8	220	0.14	2750	0.105	0.073	71	36	30	0.25	2	16/10	1078	0.15	1078	0.15	0.75/237	彩图 1-9（2－16 3/3—B）
JX05A—2	15		0.21	2750	0.197	0.159			42				706	0.20	706	0.21	1/234	
JX06B—2	25		0.29	2820	0.162	0.149	84	42	35	0.25	2	16/10	745	0.23	745	0.23	1.5/245	
JX06A—2	40		0.42	2820	0.226	0.198			45				580	0.27	580	0.27	2/240	
JX07B—2	60		0.58	2850	—	—	94	48	36	0.28	2	18/15	(364)	0.27	(364)	0.27	6/—	彩图 1-10（单同心△形绕组）
JX07A—2	90		0.77	2850	—	—			45				(300)	0.31	(300)	0.31	10/－	

注　1. 表中括号内数字系每槽导线根数；

2. 电容器电压为最低耐压值，所选电容器耐压不得低于此值。

附表 5　　CO_2系列单相电容起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子铁心(mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径(mm)	副绕组 每极匝数	线径(mm)	电容器(μF)	彩图范例及布线型式
CO_2-7114	120	220	1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25	4	24/30	224	0.53	145	0.35	75	彩图 2-1 (4-24-3/2-A)
CO_2-7124	180		2.49		53	0.62			62				183	0.60	124	0.38		
CO_2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	0.25		24/30	158	0.71	133	0.47	100	彩图 2-1 (4-24-3/2-A)
CO_2-8024	370		4.24		62	0.64			75				124	0.85	134	0.50		
CO_2-9014	550		5.57		65	0.69	145	87	70	0.25		36/42	127	0.95	108	0.60	150	彩图 2-5 (4-36-4/3-B/A)
CO_2-9024	750		6.77		69	0.73			90				96	1.06	120	0.63		
CO_2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25	2	24/18	297	0.56	247	0.38	75	彩图 2-7 (2-24-6/4-B)
CO_2-7122	250		2.40		64	0.74			62				235	0.63	204	0.47		
CO_2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	0.25		24/18	206	0.71	206	0.53	100	彩图 2-7 (2-24-6/4-B)
CO_2-8022	550		4.65		68	0.79			75				159	0.85	154	0.56	150	
CO_2-9012	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30		24/18	147	1.00	133	0.63	200	

注　起动电容器采用CDJ型电解电容器，工作电压为250V。

附表 6　　CO系列单相电容起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子铁心(mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径(mm)	副绕组 每极匝数	线径(mm)	电容器(μF/V)	彩图范例及布线型式
CO-6324	120	220	1.95	1400	48	0.59	102	58	60	0.20	4	24/30 24/22	231	0.57	102	0.35	100/220	彩图 2-2 (4-24-3/3-A)
CO-6334	180		2.60		52	0.60			70				200	0.57	114	0.41		
CO-7104	180		2.44		56	0.60	120	71	48	0.20		24/22	209	0.64	128	0.41	100/220	彩图 2-2 (4-24-3/3-A)
CO-7114	250		3.05		60	0.62			62				167	0.72	149	0.47		
CO-7124	370		4.17		63	0.64			80				126	0.83	131	0.49	200/220	
CO-8014	550		5.65		—	—	138	81.6	70	0.25		24/26	120	0.96	113	0.55	150/220	彩图 2-5 (4-36-4/3-B/A)
CO-8024	750		7.05		—	—			90				93	1.08	92	0.59		

续表

电机型号	额定参数 功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子铁心(mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径(mm)	副绕组 每极匝数	线径(mm)	电容器(μF/V)	彩图范例及布线型式
CO—6322	180	220	1.95	2800	60	0.70	102	52	52	0.20	2	24/18	301	0.57	273	0.41	75/220	彩图 2-6 (2-24-5/5-B)
CO—6332	250		2.25		63	0.72			68				232	0.62	200	0.44	100/220	
CO—7102	250		2.50		63	0.72	120	62	48	0.25		24/18	261	0.62	191	0.47	100/220	
CO—7112	370		3.50		65	0.74			62				212	0.72	182	0.49	100/220	
CO—7122	550		4.84		68	0.76			80				153	0.86	185	0.53	150/220	
CO—8012	750		6.25		—		138	71.6	70	0.30		24/30	149	1.00	185	0.55	150/220	

附表 7　JY（新）系列单相电容起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率(W)	电压(V)	电流(A)	定子铁心(mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定子槽数 Z_1	转子槽数 Z_2	主绕组 每极匝数	线径(mm)	副绕组 每极匝数	线径(mm)	电容器 容量(μF)	耐压(V)	彩图范例及布线型式
JY-7114	180	220	2.50	120	71	48	0.20	4	24	22	213	0.64	135	0.41	100	220	彩图 2-2 (4—24—3/3—A)
JY-7124	250		3.50	120	71	62	0.20		24	22	171	0.72	149	0.47	100	220	
JY-7134	370		5.00	120	71	80	0.20		24	22	130	0.83	134	0.49	100	220	
JY-7112	250	220	2.50	120	62	48	0.25	2	24	18	261	0.62	191	0.47	100	220	彩图 2-6 (2-24-5/5-B)
JY-7132	550		5.00	120	62	80	0.25		24	18	153	0.86	185	0.53	100	220	

附表 8　JY（老）系列单相电容起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	空载电流(A)	起动电流(A)	定子铁心(mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径(mm)	副绕组 每极匝数	线径(mm)	电容器(μF/V)	彩图范例及布线型式
JY09A—4	180	220	2.30	1400	2.20	12.0	120	71	62	0.25	4	24/18	174	0.64	102	0.59	150/105	彩图 2-2 (4—24—3/3—A)
JY1B—4	250		3.00	1400	2.45	15.0	145	85	48	0.30		36/42	184	0.80	93	0.80	200/110	彩图 2-5 (4—36—4/3-B/A)
JY1A—4	400		4.60	1400	2.60	21.0	145	85	65	0.30		36/42	150	0.93	102	0.64	200/110	
JY2B—4	600		4.88	1440	3.84	29.0	160	95	78	0.30		36/42	116	1.08	72	0.86	400/100	
JY2A—4	800		6.70	1440	4.35	37.0	160	95	88	0.325		36/42	96	1.25	60	0.90	400/122	

续表

电机型号	额定参数 功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	空载电流 (A)	起动电流 (A)	定子铁心 (mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径 (mm)	副绕组 每极匝数	线径 (mm)	电容器 (μF/V)	彩图范例及布线型式
JY09B-2	180	220	1.82	2900	1.36	24.0	120	60	43	0.30	2	24/18	302	0.68	179	0.64	150/107	彩图 2-6 (2-24-5/5-B)
JY09A-2	250		2.40	2900	1.70	15.0	120	60	56	0.30		24/18	248	0.69	186	0.69	150/110	
JY1B-2	400		3.42	2900	2.38	21.0	145	75	48	0.35		24/30	232	0.93	186	0.90	200/115	彩图 2-8 (2-24-6/5-B)
JY1A-2	600		—	2900	—	—	145	75	65	0.35		24/30		1.00		0.62	—	

附表 9　　BO_2 系列单相分相起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	定子铁心 (mm) 外径	内径	长度	气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	线径 (mm)	副绕组 每极匝数	线径 (mm)	堵转转矩倍数	最大转矩倍数	彩图范例及布线型式
BO_2-6314	60	220	1.23	1400	39	0.57	96	58	45	0.25	4	24/30	315	0.42	127	0.31	1.7	1.8	彩图 3-2 (4-24-3/3-A)
BO_2-6324	90		1.64		43	0.58			54				270	0.45	117	0.35	1.5	1.8	
BO_2-7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50				224	0.53	124	0.33	1.5	1.8	
BO_2-7124	180		2.49		53	0.62			62				183	0.60	102	0.35	1.4	1.8	
BO_2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58				158	0.71	104	0.40	1.2	1.8	
BO_2-8024	370		4.24		62	0.64			75				124	0.85	89	0.47	1.2	1.8	
BO_2-6312	90	220	1.02	2800	56	0.67	96	50	45	0.25	2	24/18	436	0.45	192	0.33	1.5	1.8	彩图 3-7 (2-24-6/6-B)
BO_2-6322	120		1.36		58	0.69			54				357	0.50	182	0.35	1.4	1.8	
BO_2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50				297	0.56	167	0.38	1.3	1.8	
BO_2-7122	250		2.40		64	0.74			62				235	0.63	156	0.40	1.1	1.8	
BO_2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58				206	0.71	136	0.45	1.1	1.8	

附表 10 BO 系列单相分相起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率 (W)	额定参数 电压 (V)	额定参数 电流 (A)	额定参数 转速 (r/min)	额定参数 效率 (%)	额定参数 功率因数	起动电流 (A)	起动转矩倍数	最大转矩倍数	定子铁心 (mm) 外径	定子铁心 (mm) 内径	定子铁心 (mm) 长度	定子铁心 (mm) 气隙	绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组 每极匝数	主绕组 线径 (mm)	副绕组 每极匝数	副绕组 线径 (mm)	彩图范例及布线型式
BO—5614	40		1.05		32	0.54	7.0	1.9	1.8	90	52	40				374	0.38	150	0.27	
BO 5624	60		1.19		38	0.60	8.2	1.8	1.8			48				321	0.41	127	0.29	
BO--6314	90		1.60		44	0.58	10	1.8	1.8	102	58	48				288	0.53	128	0.31	
BO—6324	120	220	1.85		50	0.59	11.6	1.6	1.8			56	0.20	4	24/22	248	0.57	109 (- 52)	0.33	彩图 3 2
BO—6334	180		2.60	1400	52	0.60	17		1.8	102	60	68				180	0.62	86	0.41	(4 24 3/3—A)
BO—7104	180		2.44		56	0.60	16	1.6	1.8			48				209	0.64	89	0.38	
BO 7114	250		3.05		60	0.62	21	1.6	1.8	120	71	62				165	0.72	95	0.41	
BO—7124	370		4.17		63	0.64	28	1.4	1.8			80				126	0.83	71	0.44	
BO—5612	60		1.01		42	0.64	8.0	2.0	1.8	90	48	40				560	0.41	229	0.31	
BO—5622	90		1.19		52	0.66	11	1.9	1.8			48				473	0.47	179	0.35	
BO—6312	120		1.43		56	0.68	12	1.8	1.8	102	52	48				406	0.53	203	0.35	
BO—6322	180	220	1.95	2800	60	0.70	15	1.5	1.8			56	0.25	2	24/18	352	0.59	174	0.38	彩图 3-7
BO—6332	250		2.50		63	0.72	22	-	1.8	102	54	62				247	0.62	127 (80)	0.44	(2 24—6/6—B)
BO—7102	250		2.50		63	0.72	19	1.2	1.8	120	62	48				260	0.62	159	0.38	
BO—7112	370		3.50		65	0.74	24	1.2	1.8			62				212	0.72	124	0.44	

附表 11 JZ（新）系列单相分相起动电动机技术数据表

电机型号	额定参数 功率 (W)	额定参数 电压 (V)	额定参数 电流 (A)	定子铁心 (mm) 外径	定子铁心 (mm) 内径	定子铁心 (mm) 长度	定子铁心 (mm) 气隙	绕组极数	定子槽数 Z_1	转子槽数 Z_2	主绕组 每极匝数	主绕组 线径 (mm)	副绕组 每极匝数	副绕组 线径 (mm)	彩图范例及布线型式
JZ—5614	40		1.0	90	52	40					374	0.38	150	0.27	彩图 3-2
JZ—5624	60		1.5			48					321	0.41	127	0.29	(4 24 3/3—A)
JZ—6314	90		2.0	102	58	48					285	0.53	128	0.31	彩图 3-1（注）
JZ—6324	120	220	2.0			56	0.20	4	24	22	238	0.57	119	0.33	(4—24—3/2—A)
JZ—7114	180		2.5	102	52	48					209	0.64	89	0.38	
JZ—7124	250		3.5	120	71	62					165	0.72	95	0.41	彩图 3-2
JZ—7134	370		4.5			80					126	0.83	71	0.44	(4—24—3/3—A)

续表

电机型号	额定参数			定子铁心（mm）				绕组极数	定子槽数 Z_1	转子槽数 Z_2	主绕组		副绕组		彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	外径	内径	长度	气隙				每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	
JZ—5612	60	220	1.0	90	48	40	0.25	2	24	18	562	0.41	229	0.31	彩图 3-7（2-24—6/6-B）
JZ—5622	90		1.2			48					465	0.47	179	0.35	
JZ—6312	120		2.0	102	52	48					407	0.53	213	0.35	
JZ—6322	180		2.5			56					352	0.59	174	0.38	
JZ—7112	250		3.0	120	62	48					260	0.62	159	0.38	
JZ—7122	370		4.0			62					212	0.72	124	0.44	

注 该型号电动机绕组布线型式也有用 4—24—3/3-A（彩图 3-2）。

附表 12 **JZ（老）系列单相分相起动电动机技术数据表**

电机型号	额定参数						空载电流（A）	起动电流（A）	起动转矩倍数	定子铁心（mm）				绕组极数	定/转槽数 Z_1/Z_2	主绕组		副绕组		彩图范例及布线型式
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数				外径	内径	长度	气隙			每极匝数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	
JZ08B—4	60	220	0.92	1440	38	0.62	0.76	8.0	1.6	102	58	46	0.25	4	24/22	336	0.44	149	0.27	彩图 3-2（4-24-3/3-A）
JZ08A—4	90		1.30		44		1.05	10.5	1.6			60				250	0.51	134	0.27	
JZ09B—4	120		1.55		50		1.25	12.0	1.5	120	71	48	0.25		24/22	237	0.55	115	0.31	
JZ09A—4	180		2.07		56		1.52	14.0	1.4			62				186	0.64	122	0.33	
JZ1B—4	250		2.65		60		2.00	28.0	1.25	145	85	48	0.30		36/42	190	0.80	112	0.35	彩图 3-3（4-36—4/3—B/A）
JZ1A—4	400		3.45		64		2.25	28.0	1.25			65				151	0.93	74	0.44	
JZ08B—2	90	220	0.93	2820	52	0.70	0.56	9.0	1.6	102	52	46	0.30	2	18/15	494	0.53	181	0.35	彩图 3-4（2—18—4/4-B/A）
JZ08A—2	120		1.20		56		0.79	12.0	1.6			60				370	0.59	175	0.33	
JZ09B—2	180		1.81	2900	60	0.72	1.30	14.0	1.4	120	60	48	0.30		24/18	302	0.67	198	0.31	彩图 3-6（2-24-5/5—B）
JZ09A—2	250		2.27		63		1.40	19.0	1.25			56				275	0.69	160	0.38	
JZ1B—2	400		3.02		66		1.39	28.0	1.25	145	75	48	0.35		24/30	268	0.90	133	0.44	

附表 13　台扇、壁扇、顶扇、落地扇等用单相电容运转电动机技术数据表

电扇规格 (mm)	电机参数			定子铁心 (mm)				定、转槽数 Z_1/Z_2	线圈节距	主绕组		副绕组		调速绕组	调速方法	绕组布接线型式
	功率 (W)	电压 (V)	极数	外径	内径	叠厚	气隙			线径 (mm)	线圈匝数×线圈数	线径 (mm)	线圈匝数×线圈数	线圈数×线圈匝数		
250	31	220	4	78	44.5	20	0.35	16/22	1—4	0.15	1050×4	0.15	1050×4	4×550	抽头	L—2 型 16 槽 4—4/2—4/2 三速
				88	44.7			8/17	1 3	0.17	935×4	0.15	1020×4	-	电抗	单速 8 槽双层绕组
				88	44.7			8/17	1 -3	0.17	850×4	0.15	1020×2	2 (150+250)	抽头	L 2 型 8 槽 4 -2/3 -4/3 三速
300	44	220	4	73	40.3	26.5	0.35	16/22	1 -4	0.15	840×4	0.15	900×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
	44			78	44.5	22	0.35	16/22	1 -4	0.17	800×4	0.15	1000×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
	—			82	44.6	24	0.35	16/22	1 -4	0.17	800×4	0.15	(1000+500)×2	2×500	抽头	L—2 型 16 槽 4 2 (2/2) 2/2 三速
				88	44.7	26	0.35	8/17	1 -3	0.17	634×4	0.19	620×4	-	电抗	单速 8 槽双层绕组
	—			88	44.5	24	0.35	16/22	1 -4	0.17	800×4	0.15	500×4	4×500	抽头	L -2 型 16 槽 4 -4/2 -4/2 三速
	42			80	44.5	26	0.30	16/22	1 -4	0.19	880×4	0.15	960×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
	45			88	49	22	0.35	16/22	1 -4	0.17	800×4	0.15	1000×4	-	电抗	单速 16 槽单层绕组
350	50	220	4	78	44.5	25	0.35	16/22	1 4	0.17	750×4	0.15	600×4	4×500	抽头	L 2 型 16 槽 4 -4/2 4/2 三速
	52			88	44.7	26	0.35	8/17	1 3	0.21	590×4	0.19	780×4	-	电抗	单速 8 槽双层绕组
	—			88.5	49	34	0.35	16/22	1—4	0.19	685×4	0.15	550×4	4 (150+270)	抽头	L—2 型 16 槽 4—4/3—8/3 三速
				88.5	49	25	0.35	16/22	1 4	0.21	720×4	0.17	720×2	2 (250+470)	抽头	L -2 型 16 槽 4 2 4/2 三速
	54			88.5	49	25	0.35	16/22	1 -4	0.19	(650+110)×4	0.17	480×4	2×540	抽头	T 1W 型 16 槽 2(2/2) 4 2/2 双速
	60			88.5	49	35	0.35	16/22	1—4	0.23	570×4	0.19	720×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
400	—	220	4	88	44.7	26	0.35	8/17	1 3	0.23	580×4	0.19	930×2	2×730	抽头	L 2 型 8 槽 4/2 2/2—2/2 双速
	61			88	44.7	32	0.35	8/17	1 3	0.23	530×4	0.17	890×4		电抗	单速 8 槽双层绕组
	61			88.4	49	32	0.35	16/22	1 -4	0.21	550×4	0.19	850×2	2×350	抽头	L—2 型 16 槽 4 2 -2 双速
				88	44.7	32	0.35	8/17	1 -3	0.23	520×2	0.17	1000×2	2×560 (0.19)	抽头	L 2 型 8 槽 4 2/2 -2/2 双速
	—			88.4	49	32	0.32	16/22	1 -4	0.21	550×4	0.19	350×4	4×350	抽头	L 2 型 16 槽 4 -4/2 4/2 三速
400		220	4	88	49	35	0.35	16/22	1 -4	0.23	570×4	0.19	720×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
				88	44.7	26	0.35	8/17	1—3	0.23	580×4	0.21	730×4	—	电抗	单速 8 槽双层绕组
				88.5	46.7	32	—	16/22	1—4	0.17	600×4	0.17	650×2	2 (420+200)	抽头	L—2 型 16 槽 4—2 4/2 三速
				88.5	49	34	0.35	16/22	1 -4	0.19	685×4	0.16	976×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
				88.5	46.7	35	—	16/22	1—4	0.19	570×4	0.17	850×2	2 (700+160)	抽头	L 2 型 16 槽 4—2 4/2 三速
				88.5	49	35	—	16/22	1—4	0.23	570×4	0.19	1000×2	2×560	抽头	L—2 型 16 槽 4—2 -2 双速
				88.5	49	32		16/22	1—4	0.23	550×4	0.19	620×4		电抗	单速 16 槽单层绕组
				88.5	49	35	—	16/22	1—4	0.21	730×4	0.17	930×4	—	电抗	单速 16 槽单层绕组
				96	50	35	—	8/17	1 -3	0.23	775×4	0.20	(320+480) 2	2 (480+320)	抽头	L 2 型 8 槽 4—4/4—4/4 三速

注　1. 电扇的重绕修理要按原始数据进行，无绕组数据者可根据实测铁心尺寸选取相应参数重绕线圈；

2. 表中的绕组布接线型式的布接线图可由附录 1 的彩色范例图查出；

3. 除个别规格注明外，抽头调速绕组的导线与副绕组线径相同。

附表 14　　**单相罩极式台扇电动机技术数据表**

电扇规格(mm)	额定功率(W)	额定电压(V)	极数	定子铁心(mm)				转子槽数	定子绕组				调速方法
				外径	内径	叠厚	气隙		线径(mm)	每极匝数	线圈数	绕组型式	
200	32	220	2	59	28	32	0.35	15	0.19	800+500	2	集中式	定子绕组抽头调速
200	—		2	60	30	25		15	0.17	1270	2	集中式	外串电抗器调速
300	52		4	88	44.7	32		17	0.27	510	4	集中式	外串电抗器调速
400	80		4	108/95.7	51	32		22	0.47	450	4	集中式	外串电抗器调速

附表 15　　**外转子式（220V）吊扇电容运转电动机技术数据表**

序号	吊扇规格(mm)	电机极数	定子铁心(mm)				槽数 Z_1/Z_2	主绕组			副绕组			线圈节距	电容器		绕组布线	
			外径	内径	叠厚	气隙		线径(mm)	线圈匝数	主线圈数	线径(mm)	线圈匝数	副线圈数		容量(μF)	耐压(V)	绕组型式	彩图范例
1	900	14	118	20	23	0.25	28/45	0.23	764	7	0.19	1012	7	1—3	1.0	400	单层链式	彩图 6 5
2	900	14	118	23	23	0.25	28/45	0.23	382	14	0.19	506	14	1- 3	1.0		双层链式	彩图 6 6
3	900	14	122.3	44	26		28/47	0.29	360	14	0.29	360	14	1 3	2.5	400	双层链式	彩图 6 6
4	1050	14	122.3	44	26		28/47	0.30	300	14	0.30	330	14	1 3	3.0	400	双层链式	彩图 6 6
5	1050	14	118	20	23		28/47	0.21	650	7	0.19	870	7	1 3	3.0	400	单层链式	彩图 6-5
6	1050	14		—	—	—	28/	0.22	860	14	0.20	350	7	1—3	—		深槽式	彩图 6 7
7	1200	16	132	22	24		32/57	0.28	530	8	0.23	780	8	1 3	2.0	400	单层链式	彩图 6-3
8	1200	16	138.7	25	22	—	32/51	0.23	550	8	0.19	720	8	1—3	2	400	单层链式	彩图 6-3
9	1200	18	134.8	70.5	25	0.25	36/48	0.27	280	18	0.25	328	18	1—3	2	400	双层链式	彩图 6-2
10	1400	16	139	20	25	—	32/	0.29	490	8	0.25	630	8	1—3	2.5	400	单层链式	彩图 6-3
11	1400	18	138.8	28	28	0.25	36/48	0.29	236	18	0.25	323	18	1—3	4	—	双层链式	彩图 6-2
12	1400	18	138.8	60	28	0.25	36/48	0.31	200	18	0.31	225	18	1 -3	4	400	双层链式	彩图 6-2
13	1400	18	136.6	63.5	32	0.30	36/48	0.31	440	18	0.25	620	18	1—3	2.4	400	双层链式	彩图 6-2

附表 16　　**家用洗衣机用单相（220V）电容运转电动机技术数据表之一**

电机型号	额定		定子铁心(mm)				槽数 Z_1/Z_2	绕组极数	主绕组				副绕组				电容器(μF)	绕组型式	绕组布线彩图范例
	功率(W)	电流(A)	外径	内径	长度	气隙			线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	相电阻(Ω)	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	相电阻(Ω)			
XDL—90 XDS—90	90	0.88	107	68	34	0.35	24/34	4	0.35	108 188	1—7 2—6		0.35	108 188	4—10 5—9		8	A 类 单双层	彩图 7-3
XDL—120 XDS—120	120	1.10	107	68	40	0.35	24/34	4	0.38	92 161			0.38	92 161			9		
XDL—180 XDS—180	180	1.54	107	68	50	0.35	24/34	4	0.45	71 124			0.45	71 124			12		
XDL—250 XDS—250	250	2.00	107	68	62	0.35	24/34	4	0.50	57 99			0.50	57 99			16		
XD—90	90	0.90	方 120	70	30	0.30	24/22	4	0.42	220 110	1—6 2—5	32	0.42	220 110	4—9 5—8	32	8	B 类 单双层	彩图 7-4
XD—90	90	0.90	方 107	65	35	0.30	24/30	4	0.38	200 100		38.4	0.38	200 100		38.4	8		
XD—120	120	1.00	方 107	65	40	0.30	24/30	4	0.41	176 88		27	0.41	176 88		27	10		
XD—120	120	1.00	方 120	70	35	0.30	24/22	4	0.45	161 118		24.8	0.45	161 118		24.8	10		
XD—180	180	1.50	方 120	70	45	0.30	24/22	4	0.53	160 80		18.5	0.53	160 80		18.5	12		
XD—250	250	1.80	方 120	70	60	0.30	24/22	4	0.56	96 69		12.5	0.56	96 69		12.5	16		
JXX—90B	90	1.10	方 124	80	25	0.20	24/34	4	0.41	107 214	1—7 2—6	—	0.41	107 214	4—10 5—9	—	8	A 类 单双层	彩图 7-3
XDC—T—2	20	0.60	方 101	68	19	0.35	24/34	4	0.25	310 150	1—6 2—5	109.2	0.19	455 225	4—9 5—8	—	3	B 类 单双层	彩图 7-4
XDC—X—2	85	1.10	方 101	68	39	0.35	24/34	4	0.38	170 80		33.7	0.35	170 80		33.8	8.5		

注　1. 表中相电阻系 20℃时每相绕组电阻值；
　　2. 电容器耐压为 450V；
　　3. 表中除 XDC—T—2 系脱水用外，其余均为洗涤用。

附表 17　　家用洗衣机用单相电容运转电动机技术数据表之二

电机型号	用途	运行参数 输入(W)	运行参数 输出(W)	运行参数 电压(V)	运行参数 电流(A)	定子铁心(mm) 外径	定子铁心(mm) 内径	定子铁心(mm) 长度	定子铁心(mm) 气隙	槽数 Z_1/Z_2	绕组极数	主绕组 线径(mm)	主绕组 线圈匝数	主绕组 线圈节距	副绕组 线径(mm)	副绕组 线圈匝数	副绕组 线圈节距	电容器(μF/V)	绕组型式及彩图范例	主要生产厂家
XPB15 -1S		120	25		—	方 124	80	25		24/34		0.27	300/300		0.27	230/230	—			上海浪花
XPB20—1S	脱水	115	30	220		方 124	80	30	0.20	24/34	4	0.31	150/300	1 7/2 6	0.25	215/430	4 10/5 9	3/400	A类单双层 彩图 7-3	上海方方
XTD 40		-	40		0.60	方 108	70	20.5		24/34		0.27	320/320	—	0.21	470/470				广东中山
XPB15—3		210	90		—	方 124	80	25		24/34		0.38	175/60		0.38	175/60		8.5/400		
	洗涤			220					0.20		4			1 6/2 5			4 9/5 8		B类单双层 彩图 7-4	上海浪花 三明家电
XPB20		240	90		—	方 124	80	25		24/34		0.40	148/88		0.40	148/88		10/400		
XPB15—Ⅰ XPB15—Ⅱ XPB20—1S	洗涤	200	90	220	—	方 124	80	25	0.20	24/34	4	0.38	170/80	1- 6/2 5	0.38	170/80	4—9/5—8	8/400	B类单双层 彩图 7-4	上海司其乐
XPB15—3		190	90		1.1	方 124	80	25		24/34		0.41	107/214		0.41	107/214		8/450		
	洗涤			220					0.20		4			1—7/2 -6			4 -10/5-- 9		A类单双层 彩图 7-3	上海微电机 四川东风
XQB30 -2		185	90			方 124	80	25		24/34		0.39	121/209		0.39	121/209		8/400		
XQB30 -2		220	120		-	方 124	80	25		24/34		0.42	91/159		0.42	91/159		8/400		
XPB15—1 XPB20—1S	洗涤	230	120	220	—	方 124	80	25	0.20	24/34	4	0.38	100/200	1 7/2—6	0.38	100/200	4 10/5 9	8.5/400	A类单双层 彩图 7-3	四川东风 上海方方 上海微电机
XQB30—1		300	120		—	方 124	80	25		24/34		0.47	80/160		0.47	80/160		10/450		
XPB15—4	排水	75	20	220		—	—		0.20	12/	2	0.29	729/729	1—7/2 6	0.21	942/942	4 10/5 9	2/450	A类单双层 彩图 7-3	上海微电机
XDS—25—4		—	25		0.50					24/		0.23	300/150		0.21	460/230		3/450		
XPD—30	脱水	—	30	220	—	—	—	--	-	24/—	4	0.29	350/170	1 6/2—5	0.21	514/220	4 9/5 8		B类单双层 彩图 7-4	
YY—TI		-	40		—					24/		0.29	300/200		0.27	440/300		4/400		
TD—25		—	25		0.55					24/—		0.23	300/150		0.21	440/220		3/450		

附表 18　　空调器用单相电容运转电动机技术数据表

型号	用途	额定		定子铁心（mm）					极数	主绕组			副绕组			调速绕组Ⅰ			调速绕组Ⅱ			绕组型式及彩图范例
		功率（W）	电压（V）	外径	内径	长度	气隙	槽数		线径（mm）	节距	匝数	线径（mm）	节距	匝数	线径（mm）	节距	匝数	线径（mm）	节距	匝数	
YYKF—120—4 （JF120）	扇风用	120	220	140	82.8	40	0.30	36	4	0.42	1—9 2—8 3—7	139 123 88	0.31	5—14 6—13 7—12	88 220 280	0.31	6—13 7—12	220 88	0.42	1—9 2—8 3—7	35 31 24	L—1/2 彩图8-3
YYKF—120—4	扇风用	120	380	140	82.8	40	0.30	36	4	0.33	1—9 2—8 3—7	227 198 143	0.29	5—14 6—13 7—12	175 207 216	0.29	6—13 7—12	207 175	0.29	1—9 2—8 3—7	58 50 36	L—1/2 彩图8-3
日立	扇风用	100	220	158	98	42	-	36	4	0.46	1—9 2—8 3—7 4—6	163 144 107 57	0.41	6—13 7—12 8—11	111 90 59	0.31	5—14 6—13 7—12	38 72 59				L—2 彩图8-2
日立 ND7505BX	压缩机用	750 （60Hz）	220					24	2	0.93	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	39 37 31 24 15	0.77	7—18 8—17 9—16	46 42 37		-					5/3—B 彩图8-5
KFD—2B6P	扇风用	50	200	120	68	37		24	6	0.29	1—5 2—4	160 180	0.27	3—7 4—6	90 90	0.23	4—6	120	·	--	—	L—2 彩图8-1
RRMB1867 （日立）	扇风用	100	220	132	82	47	—	36	4	0.49	1—9 2—8 3—7	112 99 73	0.31	5—14 6—13 7—12	80 80 82	—	—	—	0.38	2—8 3—7	63 57	T—1 彩图8-4

注　1. 调速绕组Ⅰ的安排与副绕组同相位，调速绕组Ⅱ的安排与主绕组同相位；

2. 表中 YYKF—120—4 及 RRMB1867 是根据资料整理数据，可能会因厂家不同而有差异，其余均系重绕修理时的实测记录数据，仅供参考。

附表 19

电冰箱用压缩机电动机技术数据表

型号	电机参数				定子			主绕组				副绕组				布线型式及彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	长度(mm)	槽数	极数	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	
日立 HQ-651—BQ	62	220	1.0	2850		24	2	0.62	1—12 2 11 3-10 4 9	108 102 76 58	15	0.31	7-18 8-17 9-16	82 72 64	37	4/3—B 正弦 彩图 9-6
QF—21 65	65	220	0.7	2850	30	24	2	0.60	1 12 2--11 3—10 4 9 5-8	105 105 95 79 59	—	0.29	7—18 8 17 9 16 10—15	87 74 64 57		5/4--B 正弦 彩图 9-11
FB-505	65	220	0.7	2860	30	24	2	0.51	1 12 2 11 3—10 4-9 5 8	175 131 131 88 88		0.31	7 18 8 17 9 16 10 15 11-14	104 79 79 53 53		5/5-B 正弦 彩图 9 12
QZD 3.4	75	220	0.6	2850	35	24	2	0.45	1 12 2 11 3-10 4 9	137 137 112 88	30.1	0.31	7 18 8 17 9 16 10 15	100+(-41) 124+(64) 48 36	53.9	4/4 B 正弦 彩图 9-7
QF 21-75	75	220	0.9	2850	25	24	2	0.59	1—12 2 11 3—10 4—9 5—8	200 117 101 87 45	16.3	0.31	7-18 8—17 9—16 10 15	140+(-60) 70 60 40	45.4	5/4—B 正弦 彩图 9-11
(东芝) KL—12M	80	220	0.95	2850	—	24	2	0.57	1 12 2—11 3—10 4—9	118 110 106 80	17	0.41	7-18 8—17	128 130	20.5	4/2—B 正弦 彩图 9 5

续表

型号	电机参数				定子			主绕组				副绕组				布线型式及彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	长度(mm)	槽数	极数	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	
QF—21—93	93	220	1.2	—	36	24	2	0.64	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	101 93 80 62 43	—	0.35	7—18 8—17 9—16 10—15	76+(—25) 45 41 33	—	5/4 B正弦 彩图9-11
FB—515	93	220	1.2~1.5	1450	28	32	4	0.60	1—8 2—7 3—6	122 118 90	19.5	0.38	5—12 6—11	102 41	24.5	3/2 B正弦 彩图9-1
FB—516 FB—517Ⅰ	93	220	1.3~1.7	1450	28	32	4	0.64	1—8 2—7 3—6	137 110 90	15	0.38	5—12 6—11 7—10	95 35 18	21	3/3—B正弦 彩图9-3
V1001R (日立)	93	220	0.91	2850		24	2	0.62	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	104 116 99 81 71	19.2	0.38	7—18 8—17 9—16 10—15	66 60 52 43	24	5/4 B正弦 彩图9-11
LD—1—6	93	220	1.1	2850	35	24	2	0.64	1—12 2—11 3—10 4—9	113 113 85 66	12	0.35	7—18 8—17 9—16 10—15	97+(—20) 95+(—20) 50 41	33	4/4—B正弦 彩图9-8
ZYQ—1—108—01	93	220	1.4	2850	24	24	2	0.64	1—12 2—11 3—10 4—9	113 113 85 56	—	0.35	7—18 8—17 9—16 10—15	69+(—21) 65+(—21) 42 30	—	4/4—B正弦 彩图9-8
FB—517Ⅱ	93	220	1.1	2850	40	24	2	0.64	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	103 103 88 78 41	—	0.38	7—18 8—17 9—16 10—15	75 68 64 46	—	5/4—B正弦 彩图9-11

续表

型号	电机参数				定子			主绕组				副绕组				布线型式及彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	长度(mm)	槽数	极数	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	线径(mm)	节距	匝数	电阻(Ω)	
LD-5801	93	220	1.4	1450	28	32	4	0.64	1—9 2—8 3—7 4—6	65 125 96 71	17.3	0.35	5—13 6—12 7—11	50 40 30	20.8	4/3-A 正弦 彩图 9-4
F200	93	220	1.2	2850	36	24	2	0.64	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	105 100 87 76 40	—	0.35	7—18 8—17 9—16 10—15	80+(—60) 70 60 40	—	5/4-B 正弦 彩图 9-11
QF—21—100	100	220	0.8	2850	35	24	2	0.60	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	144 144 88 72 53		0.32	7—18 8—17 9—16 10—15	127+(—68) 59 55 45		5/4-B 正弦 彩图 9-11
5608—1	125	220	1.6	1450	—	32	4	0.64	1—8 2—7 3—6	110 91 62	14	0.35	5—12 6—11 7—10	55 54 33	27.3	3/3-B 正弦 彩图 9-3
5608—2	125	220	1.6	1450		32	4	0.72	1—9 2—8 3—7 4—6	46 81 61 59	10.4	0.35	5—13 6—12 7—11	50 46 31	23.3	4/3-A 正弦 彩图 9-4
(前苏) JIXK—240	135	220	—	2850	—	—	—	0.61	1—12 2—11 3—10 4—9	120 108 92 64	15	0.33	7—18 8—17 9—16 10—15	98+(—42) 98+(—41) 43 34	44	4/4-B 正弦 彩图 9-8
(日本) ND7505	750	220	—	—	—	24	2	0.93	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	36 47 26 23 15	—	0.77	7—18 8—17 9—16	51 38 36	—	5/3-B 正弦 彩图 9-10

注 1. 电冰箱压缩机组均采用起动型单相电动机，其中 KL—12M 为电容（75μF/220V）分相起动外，其余均系阻抗分相起动；
2. 表中电阻系指绕组相电阻值；
3. 副绕组匝数栏中括号内的“—”数字是反绕匝数，如 100+（—41）即此线圈绕 100 匝后，将其固定好（不剪断），然后反方向绕 41 匝；
4. 绕组采用防腐型漆包线绕制。

附表 20　　　　单相罩极式电鼓风二极电动机绕组技术数据表

序号	槽数	额定参数			定子铁心（mm）			主绕组				罩极绕组				布线型式及彩图范例
		功率（W）	电压（V）	电流（A）	外径	内径	长度	线径（mm）	线圈匝数	线圈节距	每极圈数	线径（mm）	每圈匝数	每极圈数	线圈节距	
1	16	220		1.5	130	68	62	0.44	140	1—8 2—7 3—6	3	1.82	2	1	16—5　13—8	同心绕组 3/1 布线 彩图 10-1
2	16	92		0.65	100	48	38	0.31	100	1—5	4	0.93	3	2	16—5　14—9 1—6　13—8	单叠绕组 4/2 布线 彩图 10-2
3	18	184		2.4	120	63	55	0.66	93	1—9 2—8 3—7	3	0.72	10	2	18—5　15—10 1—6　14—9	同心绕组 3/2 布线 彩图 10-3
4	20	184		2.4	120	63	55	0.66	76	1—6	5	1.12	3	2	20—6　17—11 1—7　16—10	单叠绕组 5/2 布线 彩图 10-4
5	24	368		3.5	135	76	55	0.62	—	1—8	5	1.85	2	2	6—14　3—19 7—15　2—18	单叠绕组 5/2 布线 彩图 10-5
6	24	200	220	1.2	100	60	50	0.51	78	1—8	5	1.20	5	1		
7	24	249		3.0	86	55	24	0.67		1—8	5	1.48	2	2	24—6　19—13 1—7　18—12	单叠绕组 5/2 布线 彩图 10-6
8	24	270		3.0	105	75	54	0.69	80	1—8	5	1.88	3	2	6—13　2—19 7—14　1—18	单叠绕组 5/2 布线 彩图 10-7
9	24	368		3.0	140	75	50	0.62	—	1—9	5	1.86	2	2	3—13　2—16 4—14　1—15	单双层绕组 5/2 布线 彩图 10-8
10	24	368		3.5	140	76	55	0.62		1—9	5	1.82	2	2	4—15　2—17 5—14　3—16	单双层绕组 5/2 布线 彩图 10-9
11	24	200		2.5	120	66	45	0.62	70	1—8	6	1.35	3	2	24—8　21—13 1—9　20—12	单双层绕组 6/2 布线 彩图 10-11
12	24	368		3.5	135	76	55	0.62	—	1—8	6	1.75	2	2	6—13　1—18 7—14　2—19	单双层绕组 6/2 布线 彩图 10-10

附表 21　　单相排气扇、换气扇、转页扇电容电动机技术数据表

类型	规格 (mm)	额定		定子铁心 (mm)				极数	槽数 Z_1/Z_2	主绕组			副绕组			线圈节距	电容器 (μF/V)	绕组型式	彩图范例
		功率 (W)	电压 (V)	外径	内径	长度	气隙			线径 (mm)	线圈匝数	线圈数	线径 (mm)	线圈匝数	线圈数				
排气扇	400	150	220	102	60	36	0.35	6	24/18	0.31	260	6	0.31	260	6	1 4	4/400	单层链式	彩图 11-1
	400	–		102	60	58	0.35	4	16/22	0.35	240	4	0.35	300	4	1 4	4/400	单层链式	彩图 11 6
	400	—		102	60	58	0.35	4	16/22	0.35	330	4	0.31	240	4	1· 4	4/400	单层链式	
	500	350		120	72	40	0.25	6	24/20	0.29	295	6	0.23	510	6		2/400	单层庶极同心式	彩图 11 3
	500	350		120	72	56	0.30	4	24/18	0.47	105	4	0.35	170	4	-	6/400	单层同心交叉式	彩图 11-13
换气扇	400	—	220	112	70	55	—	6	24/	0.38	205	12	0.27	416	12	1 4	2.5/400	双层链式	彩图 11-2
	400	—		—	—	55	0.30	6	24/—	0.38	205	12	0.38	205	12	1—4	6/400	双层链式	
	400	-		—	—	55		6	24/-	0.38	410	6	0.27	208	6	1 4	2.5/400	单层链式	彩图 11-1
转页扇	300	40	220	—	—	20	·	4	16/	0.18	800	4	0.18	880	4	1 4	1.5/400	单层链式	彩图 11 6
	250	40		—	—	20		4	16/ –	0.18	880	4	0.18	880	4	1—4	1.2/400	L -2 型 4- 4/2 - 4/2	彩图 11-7
	200	30		—	—	25	-	4	12/—	0.17	860	4	0.17	880	4		1.2/350	单双层混合	彩图 11-4
	200	30		—	—	25	—	4	12/	0.17	860	4	0.16	1000 650	2 2	·	1.2/350	抽头调速	彩图 11-5

附表 22　　单相民用电泵电动机技术数据表

电泵型号	电机参数					定子铁心				极数	主绕组		副绕组		彩图范例及布线型式
	型式	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数		线径 (mm)	每圈匝数	线径 (mm)	每圈匝数	
QD7.8—6.5J	电容起动	0.40	220	3.9	2820	125	65	60	24	2	0.80	50、50、42、42	0.55	72、72、28、28	4/4 -B 正弦 彩图 12-2
QD6—9J		0.40				125	65	60	24	2	0.80	50、50、42、42	0.55	72、72、28、28	
QD3 -15J		0.40				125	65	60	24	2	0.80	50、50、42、42	0.55	72、72、28、28	
QSD15—10—0.75	罩极	–	220	—	2850	-	—		20	2			—	·	--
QDX—50	分相起动	0.75	220	‐	2800	120	67	78	24	2	0.80	42、39、31、27、28	C.47	48、42、40、30、21	5/5—B 正弦 彩图 12 4
QBD50—10		0.75				120	63	62	24	2	0.59	60、58、43、38、21	0.44	55、54、46、34、21	

续表

电泵型号	电机参数					定子铁心				极数	主绕组		副绕组		彩图范例及布线型式
	型式	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数		线径 (mm)	每圈匝数	线径 (mm)	每圈匝数	
BO--2	分相起动	0.55	220	—	2850	121	63	67	24	2	0.55	69、58、48、40	0.41	113、113	4/2—B 正弦 彩图 12 1
BO- 2		0.37			2800	120	62	73	24	2	0.51		0.38	17、27、25、21、15、17	6/6—A 正弦 彩图 12-6
BO7112	分相起动	0.75	220		2800	120	62	62	24	2	0.79	49、46、32、24、17	0.41	72、66、55、42	5/4 -B 正弦 彩图 12-3
DCO512	电容起动	0.40			2850	120	62	58	24	2	0.80	68、60、48、35、23	0.51	71、54、45、33	
YY7112	分相起动	0.55	220	—	2800	120	58	70	24	2	0.69	52、50、43、33、21	0.51	62、60、47、38、24	5/5 B 正弦 彩图 12 4
CO290S2	电容起动	0.75				120	62	65	24	2	0.65	63、48、39、30、21	0.41	82、69、48、41、29	
ZDB	分相起动	0.55	220	—	2800	112	64	82	24	2	0.86	41、39、33、23、10、4	0.53	27、23、20、16、10、4	6/6 B 正弦 彩图 12-7
DSB		0.55				120	62	88	24	2	0.51	41、40、30、29、16、5	0.50	27、24、21、16、10、3	
DBO7112	分相起动	0.75	220	—	2800	120	62	85	24	2	0.74	—	0.45	31、30、27、20、12、4	6/6—B 正弦 彩图 12-7
DD7112		0.37				120	62	65	24	2	0.74	54、52、43、34、21、8	0.41	40、40、30、29、16、8	
B 14	分相起动	0.55	220		2800	120	63	66	24	2	0.79	54、52、43、34、21、8	0.51	31、31、26、20、12、4	6/6 B 正弦 彩图 12 7
32WB6--B		0.55				130	67	77	24	2	0.84	41、39、33、25、16、5	0.53	23、21、18、14、9、3	
QXD	分相起动	0.75	220	—	2800	120	62	76	24	2	0.72	52、42、41、32、21	0.38	60、46、44、31、22	5/5 B 正弦 彩图 12 4
2DB7112	分相起动	0.55	220	—	2860	120	62	85	24	2	0.85	41、39、32、27、17、7	0.51	34、24、20、18、15、8	6/6 B 正弦 彩图 12-7
20BZ1—9D		0.55		4.65	2900	130	67	82	24	2	0.47	126、116、100、76、49、16	0.35	45、43、36、28、18、5	
25DB--18	分相起动	0.75	220	—	2800	112	67	62	24	2	0.62	58、54、48、44、31、21	0.44	72、59、55、38、25	6/5—B 正弦 彩图 12-5
25BZ2.5—9DA	分相起动	0.18	220	1.89	2900	110	58	48	24	2	0.59	88、82、69、54、34、11	0.38	45、42、36、28、16、6	6/6 -B 正弦 彩图 12 7
40BZ5 -12DA		0.37		3.36		128	68	63	24	2	0.74	56、52、45、35、27、7	0.51	36、32、29、21、13、4	
40BZ6—15DA	分相起动	0.55	220	4.65	2800	130	67	82	24	2	0.96	40、35、32、25、16、5	0.59	27、25、22、17、10、3	6/6—B 正弦 彩图 12-7
40BZ6 —15D		0.55		4.3		128	67	80	24	2	0.90	47、43、37、28、18、5	0.59	30、27、23、18、11、4	

续表

电泵型号	电机参数					定子铁心				极数	主绕组		副绕组		彩图范例及布线型式
	型式	功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数		线径(mm)	每圈匝数	线径(mm)	每圈匝数	
30BZ—9D	分相起动	0.37	220	3.0	2900	135	67	47	24	2	0.85	86、79、63、54、31	0.51	-	5/4 B正弦 彩图12 3
40BZ－12DA		0.50		4.3	2800	137	67	60	24	2	0.90	64、63、46、14、31	0.51	55、44、35、30	
30BZ 9DA		0.37		3.0	2900	135	67	47	24	2	0.83	86、86、59、55、12	0.83	58、40、37、29	
60BZHZ · 3.2P	分相起动	0.37	220	3.36	2900	128	68	63	24	2	0.74	56、52、45、35、27、7	0.51	36、32、29、21、13、4	6/6 B正弦 彩图12 7
40BZ6－16D		0.60		—	2800				24	2	1.00	39、36、31、24、15、6	0.59	27、25、22、17、11、4	

附表 23 **民用（三相）电泵电动机技术数据表**

电泵型号	电机参数			定子铁心				绕组参数						鼓形线模(mm)			彩图范例
	功率(kW)	电流(A)	转速(r/min)	外径(mm)	内径(mm)	叠厚(mm)	槽数	型式	极数	接法	节距	每槽线数	线径(mm)	A 模宽	L_D 总长	R 弧半径	
QX6—15J QX10—10J	0.75	1.75	2850	125	65	60	24	单层同心	2	1Y	1 12 2 11	86 86	0.6 0.6	85 70	155 138	48 36	彩图12-11
QX22 15J	2.2	6.5	2870	145	82	100	24	单层同心	2	1Y	1 12 2 11	94	0.75	100 82	234 208	51 45.5	彩图12-11
QX120 10J	5.5	11.6	1440	175	110	170	36	单层交叉	4	2Y	1 9 2 10 18 11	23	1 0.85 2 0.9	82 70	244 244	22 22	彩图12 9
QY 3.5 QY 7A QY · 15 QY 25 QY—40A	2.2	5.7	2860	145	82	100	24	单层同心	2	2Y	1 12 2 11	94	0.75	96 86	231 201	48 43	彩图12-12

续表

电泵型号	电机参数			定子铁心				绕组参数						鼓形线模（mm）			彩图范例
	功率 (kW)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径 (mm)	内径 (mm)	叠厚 (mm)	槽数	型式	极数	接法	节距	每槽 线数	线径 (mm)	A 模宽	L_D 总长	R 弧 半径	
QY—3.5J QY 7AJ QY 15J QY 25J QY—40AJ	2.2	5.7	2860	143	78	95	21	单层 同心	2	2Y	1 12 2 11	96	0.71	100 82	225 197	51 43	彩图 12 12
15 36 3 QY25 26 3 40 16 3	3.0	6.7	2860	143	78	120	24	单层 同心	2	2Y	1 12 2 11	76	0.80	100 82	250 222	51 43	彩图 12 12

注 1. 电泵使用电压为三相 380V；
2. 线径栏中两种数字为两种导线并绕，线径前的“1”、“2”为一根和二根并绕；
3. 线模栏中两组数字是同心线圈两种规格尺寸。

附表 24　常用电动工具交流三相异步电动机技术数据表

品名	型号	额定参数			定子铁心				定子绕组						彩图范例
		功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	极数	绕组 型式	线径 (mm)	线圈 匝数	线圈节距	接法	
手提电钻	J3Z-13 J3Z-19	270 400	380	0.86 1.18				18	2	单层 同心 交叉	0.38 0.44	176 144	1 10 2 9 18 11	Y	彩图 13-5
	J3Z 23 J3Z—32	500 900	380	1.50 2.48	- 120	-- 65		18	2	单层 同心 交叉	0.47 0.75	120 95	1 10 2 9 18 11	Y	彩图 13 5
	J3Z—38 J3Z 49	1100 1400	380	2.85 3.50	120	65		18	2	双层 叠式	0.75 0.77	48 42	1-9	Y	彩图 13-2
手提砂轮机	S3S 100 S3S 125 150	180 250	380	0.50 0.68	88	46	--	18	2	单层 交叉	0.35 0.38	235 190	1 9 2 10 18 11	Y	彩图 13-3
	S3S 1/2 150 TSS—150	500 500	380	1.28 1.32	98 102	53.4 53	65 68	18	2	单层 交叉	0.47 0.44	138 130	1 9 2 10 18 11	Y	彩图 13 3

品名	型号	额定参数			定子铁心				定子绕组						彩图范例
		功率(W)	电压(V)	电流(A)	外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数	极数	绕组型式	线径(mm)	线圈匝数	线圈节距	接法	
台砂轮	JOSF 200	500	380	1.3	123	67	46	18	2	单层交叉	0.51	160	1 9、2 10 18 11	Y	彩图 13-3
	JOST—220	520		1.1	142	80	70	24	2	单层同心	0.51	115	1 12、2 11	Y	彩图 13-10
	JOSF—220 3TC 150	520 250	380	0.65	145 102	80 51	70 62	24	2	单层同心	0.65 0.41	80 200	1- 12、2 - 11	Y	彩图 13-10
电动磨管机	S3M—38 S3M—57 S3M—76	270	380	0.86	88	44.5		18	2	同心交叉	0.38	176	1 10、2 9 18 11	Y	彩图 13 5
电动胀管机	P3Z 13 P3Z 19 P3Z -25	270	380	0.86	88	44.5		18	2	同心交叉	0.38	176	1 10、2 9 18 11	Y	彩图 13-5
	P3Z—38	600	380	1.09	102	54		18	2	同心交叉	0.38	216	1 10、2- 9 18 11	Y	彩图 13-5
	P3Z- 51 P3Z—76	1000	380	2.6	102	54		18	2	同心交叉	0.44	156	1 10、2 9 18 11	Y	彩图 13-5
软轴振动器	ZX—35 50 ZXC 50	1100	380	2.52 2.50	130 120	72 67.5		24	2	单层同心	0.77	82	1 12、2 11	Y	彩图 13-10
平板振动器	B11	1100	380	2.34	120	67.5	—	18	2	单双层混合	0.67	96/48	1 9、2 -8	Y	彩图 13-8
型材切割机	J3G —400	—	380	4.7	140	80.5	—	24	2	单层同心	0.95	46	1—12、2 11	Y	彩图 13 10
软轴砂轮机	S3SR 100	-	380	1.3	102	52	—	18	2	单层交叉	0.57	130	1—9、2—10 18—11	Y	彩图 13-3
	S3SR -150 S3SR—200	-	380	2.23 3.24	130 145	70 75	—	24	2	单层同心	0.67 0.83	74 58	1 12、2—11	Y	彩图 13-10

续表

品名	型号	额定参数			定子铁心				定子绕组						彩图范例
		功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	极数	绕组型式	线径 (mm)	线圈匝数	线圈节距	接法	
直联插入式高频振动器	Z2D 50	600	42	(电源频率 200Hz)				18	2	单层交叉	4 0.53	8	1 9、2 10 18 11	△	彩图 13-4
	Z2D--130	2500	42	(电源频率 150Hz)				18	2	单双层	12 0.72	8/4	1 ·9、2 8	△	彩图 13 9
	Z2D－80 Z2D—100	800 1700	42	(电源频率 200Hz) (电源频率 150Hz)				18	2	单层整距交叉	11 0.44 13 0.51	12 8	1 10	△	彩图 13-7
电链锯	M3L2 950	1000	380	2.52	102.5	46.7		18	2	等距交叉	0.64	51	1 · 8	Y	彩图 13-6
中频 (200Hz) 电链锯	M2L2 950	1500	220	7.5	97	44.3		12	2	双叠	0.64	25	1 6	Y	彩图 13 1
中频 (200Hz) 振动器	Z2D 100	1500	42	3.0	90	--		18	2	等距交叉	0.69	9	1 8	Y	彩图 13 6
中频 (300Hz) 角向磨光机	S2MJ 100	310	42	7.2	48	26.5		18	2	等距交叉	2 0.55	8	1 8	Y	彩图 13-6

注 1. 单双层绕组线圈匝数栏的分式中，分子数字是单层线圈匝数；分母是双层线圈匝数；

2. 电动机使用电压交流频率除表中标注外，其余均系 50Hz。

附表 25　　民用货场电葫芦用锥形转子三相电动机技术数据表

电机型号	运行参数							定子铁心					定子绕组					彩图范例
	功率 (kW)	电压 (V)	转速 (r/min)	电流 (A)	空载电流 (A)	功率因数	效率 (%)	外径 (mm)	中径 (mm)	叠厚 (mm)	气隙 (mm)	槽数	接法	线圈节距	每槽线数	线径 (mm)	绕组型式	
ZDY11—4	0.2	380	1380	0.7	0.55	0.67	65	120	70	40	0.25	24	Y	1 6	215	0.38	单层链式	彩图 14-1
ZDY12—4	0.4			1.3	0.75	0.70	67	120	70	60	0.25	24	Y		145	0.47		
ZDY21—4 ZD21—4	0.8			2.2	1.45	0.75	73	167	98	. 62	0.35	24	Y	1 6	95	0.67	单层链式	彩图 14-1

续表

电机型号	运行参数 功率(kW)	电压(V)	转速(r/min)	电流(A)	空载电流(A)	功率因数	效率(%)	定子铁心 外径(mm)	中径(mm)	叠厚(mm)	气隙(mm)	槽数	定子绕组 接法	线圈节距	每槽线数	线径(mm)	绕组型式	彩图范例
ZD22-4	1.5	380	1380	4	2.28	0.76	74	167	98	100	0.35	24	Y	1-6	60	0.85	单层链式	彩图14-1
ZD31-4	3.0			7	3.6	0.81	80	210	128	86	0.45	36	Y	1-9 2-10 18-11	34	1.18	单层交叉	彩图14-3
ZD32-4	4.5			10	5.2	0.83	82	210	128	112	0.45	36	Y		26	2-0.95		
ZD41-4	7.5		1400	16.5	7.5	0.84	82	245	155	130	0.50	36	Y	1-8	20	2-1.15	双层叠式	彩图14-2
ZD51-4	13			28	10.5	0.85	83	280	175	165	0.55	36	2Y		28	2-1.12		彩图14-4

注 1. 电动机定额是断续工作制，额定负载持续率为25%（以10min为一周期）；

2. ZDY系列适用于要求制动力矩小的行车装置，ZD系列适用于要求制动力矩较大的提升装置；

3. 定子铁心栏的中径系锥形内圆铁心大小头的平均直径。

附表26　　民用设施交流电梯双速电动机绕组技术数据表

电机型号	电机型式	极数	接法	运行参数 功率(kW)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	定子铁心 外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	槽数	定子绕组 绕组型式	线圈节距	线规 n-ϕ_{mm}	每槽线数	并联路数	彩图范例
JTD-333	单绕组双速	6 24	2Y Y	6.4	380	18	820 250	340	230	100	72	双层叠式	1-10	1-1.56	36		彩图15-2
JTD-333		6 24	2Y Y	7.5		21	840 250	340	230	120	72	双层叠式	1-10	1-1.62	32		彩图15-2
JTD-333		6 24	2Y Y	11.2		30	860 250	340	230	175	72	双层叠式	1-10	2-1.40	22		彩图15-2
JTD-430		6 24	2Y Y	15		41	890 250	440	305	145	72	双层叠式	1-10	3-1.62	22		彩图15-2
JTD-430		6 24	2Y Y	19		48.6	900 250	440	305	165	72	双层叠式	1-10	3-1.74	20		彩图15-2

电机型号	电机型式	极数	接法	运行参数				定子铁心				定子绕组					彩图范例
				功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	绕组型式	线圈 节距	线规 $n-\phi_{mm}$	每槽 线数	并联 路数	
JTD 430	双绕组双速	6 24	Y	6.4	380	21.5	800 250	430	305	100	72	双层叠式	1 13 1—4	1 1.45 1 1.35	40	3 1	彩图 15 6 彩图 15 7
JTD 430		6. 24	Y	7.5		23.7	840 250	430	305	125	72	双层叠式	1—13 1—4	1—1.56 1—1.81	32	3 1	彩图 15 6 彩图 15-7
JTD 430		6 24	Y	11.2		35	860 250	430	305	165	72	双层叠式	1 13 1—4	1- 1.81 1 -1.81	24	3 1	彩图 15 6 彩图 15-7
JTD 560	双绕组双速	6 24	Y	15	380	41	890 250	560	410	135	72	双层叠式	1 13 1 4	2 1.81 1 1.81	14 22	2 1	彩图 15-5 彩图 15-7
JTD 560		6 24	Y	19		51.3	890 250	560	410	150	72	双层叠式	1—13 1 - 4	2—2.02	12 20	2 1	彩图 15-5 彩图 15 7

注 1. 表中转速栏的 24 极是同步转速，接法栏中加括弧者仅指接法未计及并联路数；
2. 六极绕组嵌于槽内底层，24 极绕组嵌于槽面层；
3. 六极是工作运行绕组，工作定额 30min；24 极仅用于减速平层停车用，工作定额 3min。

附表 27　　民用设施限速控制直流测速发电机技术数据表

电机型号	电机参数		电枢铁心				电枢绕组					彩图范例
	功率 (W)	电压 (V)	外径 (mm)	长度 (mm)	气隙 (mm)	槽数	绕组 型式	线径 (mm)	线圈 匝数	换向 片数	节　距	
ZYS- 1A	4.4	55	50	45	0.7	13	单　叠	0.40	28	39	1 7	彩图 15 12
ZYS--3A	2.2	110	50	45	0.7	13	单　叠	0.27	57	39	1 7	彩图 15 12
ZYS 100A	8	100	50	45	0.7	13	单　叠	0.21	106	39	1 7	彩图 15-12

附表 28　　交流测速发电机三相绕组数据表

型号	定子铁心		定子绕组							彩图范例
	内径（mm）	槽数	极数	绕组型式	节距	线圈匝数	线径（mm）	接法	每相串联圈数	
YCT（小号）	80	48	16	单层庶极链式	1—4	140	ϕ0.20	Y	8	彩图 15-14
YCT（中号）	102	48	16	单层庶极链式	1—4	100	ϕ0.25	Y	8	
YCT（大号）	124	48	16	双层链式	1—4	50	ϕ0.33	Y	16	彩图 15-13
JZT2—71	-	48	16	单层庶极链式	1—4	130	ϕ0.23	Y	8	彩图 15-14

附表 29　　U 型单相串励电动机技术数据表

电机型号	额定参数			定子外径（mm）	转子铁心				定子绕组		电枢绕组						参考图例
	功率（W）	电压（V）	转速（r/min）		外径（mm）	长度（mm）	气隙（mm）	槽数	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	元件匝数	每槽线数	总导线数	实槽节距	换向片数	
U15/40—220 U15/56—220D	15	220	4000 5600	65 55	32.6 28.3	36 22	0.45 0.35	10	0.20 0.19	740 600	0.15 0.13	110	440	4400	1—5	20	彩图 16-2
U30/40—220	30	220	4000	84	44.4	25	0.45	12	0.25	575	0.18	62	372	4464	1—6	36	彩图 16-8
U40/36—24D U40/36—110D	40	24 110	3600	84	44.4	38	0.45	12	0.86 0.41	76 350	0.64 0.33	7 34	28 136	336 1632	1—6	24	彩图 16-6
U55/45—220D	55	220	4500	84	44.4	38	0.45	12	0.38	360	0.25	50	200	2400	1—6	24	彩图 16-7
U80/50—110D U80/50—220D	80	110 220	5000	84	44.4	60	0.45	12	0.49 0.35	220 435	0.41 0.29	13 27	78 162	936 1944	1—6	36	彩图 16-9
U120/40—220	120	220	4000	94	50.5	60	0.55	16	0.44	220	0.31	23	138	2208	1—8	48	彩图 16-12
U180/40—220	180	220	4000	94	50.5	75	0.55	16	0.53	160	0.35	20	120	1920	1—8	48	

附表 30　　　　SU 型交直流两用串励电动机技术数据表

电机型号	交流		直流		额定转速 (r/min)	定子外径 (mm)	转子铁心				定子绕组				电枢绕组					参考图例
	功率 (W)	电压 (V)	功率 (W)	电压 (V)			外径 (mm)	长度 (mm)	气隙 (mm)	槽数	交流匝数	直流增匝	交流线径	直流线径	线径 (mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	换向片数	
SU—1 SU 1C	80	110	100	110	2500	94	50.5	60	0.55	16	111	209	0.62	0.49	0.47	12	72	1 8	48	彩图 16-11
SU—2 SU 2C	80	220	100	220	2500	94	50.5	60	0.55	16	219	441	0.44	0.35	0.33	25	150	1 8	48	

附表 31　　　　G 型单相串励电动机技术数据表

电机型号	额定参数			定子外径 (mm)	转子铁心				定子绕组		电枢绕组						参考图例
	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)		外径 (mm)	长度 (mm)	气隙 (mm)	槽数	线径 (mm)	每极匝数	线径 (mm)	元件匝数	每槽线数	总导线数	实槽节距	换向片数	
G25/40	25					20			0.21	690	0.14	84	504	5544			彩图 16-3
G30/40	30	220	4000	71.3	38.5	25	0.40	11	0.27	486	0.17	74	444	4884	1 6	33	
G40/40	40					25			0.27	486	0.17	76	456	5016			彩图 16-4
G60/40	60					36			0.29	358	0.21	53	318	3498			彩图 16 4
G80/40	80	220	4000	71.3	38.5	44	0.40	11	0.33	310	0.23	46	276	3036	1 6	33	彩图 16 5
G90/40	90					53			0.35	286	0.25	39	234	2574			
G120/40	120					40			0.41	282	0.29	37	148	2812			彩图 16-13
G180/40	180	220	4000	90	50.4	55	0.45	19	0.53	182	0.38	29	116	2204	1 - 10	38	彩图 16 14
G250/40	250					68			0.59	146	0.41	18	72	1368			彩图 16 15

附表 32 **G 系列单相串励电动机技术数据表**

电机型号	额定参数 功率(W)	电流(A)	电压(V)	转速(r/min)	效率(%)	功率因数	定子外径(mm)	转子铁心 外径(mm)	长度(mm)	气隙(mm)	槽数	定子绕组 线径(mm)	每极匝数	电枢绕组 线径(mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	换向片数	参考图例
G-3614	8	0.14	220	4000	32	0.83	56	29.4	18	0.30	8	0.14	1010	0.09	214	1284	1—4	24	彩图 16-1
G-3624	15	0.22			38	0.83			30			0.18	685	0.12	137	822			
G-3634	25	0.32			44	0.81			38			0.23	536	0.15	104	624			
G-3636	40	0.42	220	6000	51	0.86	56	29.4	38	0.30	8	0.25	470	0.17	77	462	1—4	24	彩图 16-1
G-3638	60	0.57		8000	55	0.88						0.29	445	0.20	62	372			
G-36312	90	0.77		12000	58	0.92						0.33	366	0.20	47	282			
G-4524	60	0.64	220	4000	53	0.80	71	38.3	40	0.35	12	0.31	362	0.21	15	306	1—6	36	彩图 16-8
G-4534	90	0.91		4000	56	0.80			50			0.38	290	0.25	39	234			
G-4536	120	1.08		6000	60	0.84			50			0.41	240	0.27	33	198			
G-4538	180	1.50	220	8000	62	0.88	71	38.3	50	0.35	12	0.44	195	0.31	26	156	1—6	36	彩图 16-8
G-45212	180	1.43		12000	62	0.92			40			0.44	192	0.31	25	150			
G-45312	250	1.93		12000	64	0.92			50			0.51	167	0.38	19	114			
G-5614	120	1.15	220	4000	69	0.80	90	49	35	0.50	13	0.44	266	0.29	42	252	1—7	39	彩图 16-10
G-5616	180	1.60		6000	61	0.84						0.49	243	0.33	31	186			
G-5618	250	2.08		8000	64	0.88						0.55	226	0.38	24	141			
G-5624	180	1.70	220	4000	61	0.79	90	49	50	0.50	13	0.53	195	0.35	29	174	1—7	39	彩图 16-10
G-5626	250	2.15		6000	63	0.84						0.57	179	0.41	22	132			
G-5628	370	2.90		8000	66	0.88						0.64	166	0.47	17	102			
G-5634	250	2.32	220	4000	63	0.78	90	49	65	0.50	13	0.59	152	0.41	22	132	1—7	39	彩图 16-10
G-5636	370	3.08		6000	65	0.84						0.67	144	0.47	16	96			
G-5638	550	4.18		8000	68	0.88						0.77	123	0.55	12	72			
G-7114	370	3.32	220	4000	65	0.78	120	67.2	42	0.90	19	0.69	156	0.49	17	102	1—10	57	彩图 16-16
G-7116	550	4.45		6000	67	0.84			42			0.77	132	0.55	13	78			
G-7124	550	4.92		4000	66	0.77			60			0.83	112	0.59	12	72			
G-7126	750	5.97		6000	68	0.84			60			0.93	100	0.64	9	54			

附表 33　　DT 系列电动工具用单相（220V）串励电动机技术数据表

电机型号	冲片规格（mm）	额定参数 功率（W）	电流（A）	转速（r/min）	效率（%）	功率因数	转子铁心 外径（mm）	长度（mm）	齿宽（mm）	气隙（mm）	槽数	定子绕组 线径 $n—\phi$	每极匝数	电枢绕组 线径 $n—\phi$	元件匝数	实槽节距	换向片数	参考图例
DT21	50	60	0.68	14000	41	0.98	28.3	28	-	0.35	9	0.27	323	0.18	50	1—5	27	彩图 17-3
DT22		90	0.88		48	0.97		34		0.35		0.31	286	0.21	41			
DT23		120	1.08		52	0.97		42		0.35		0.33	239	0.23	33			
DT23S		120	1.07			–		42		0.45		0.33	222	0.23	33			
DT31	56	120	1.07	13000	53	0.96	30.3	38	2.69	0.35	9	0.33	237	0.23	36	1—5	27	彩图 17-3
DT31S		120	1.05			–		38	–	0.45		0.33	224	0.23	36			
DT32		150	1.23		57	0.95		42	2.69	0.35		0.38	218	0.25	32			
DT41	62	150	1.24	12000	57	0.97	34.2	32		0.40	9	0.38	252	0.25	37	1—5	27	彩图 17-3
DT42		180	1.42		-		34.2	36		0.40		0.41	227	0.27	33			
DT42S		180	1.40		60	0.96	34	36		0.50		0.41	224	0.27	33			
DT51	71	210	1.65	11000	61	0.95	38.1	38	3.26	0.45	11	0.47	191	0.31	24	1—6	33	彩图 17-5
DT51S		210	1.52		—		37.8	38	—	0.60		0.47	197	0.31	24			
DT52		250	1.95		62.7	0.93	38.1	44	3.26	0.45		0.49	167	0.35	21			
DT61	80	300	2.31	10000	64	0.92	44	38		0.50	11	0.55	168	0.38	22	1—6	33	彩图 17-5
DT61S		300	2.30				43.7	38		0.65		0.55	165	0.38	22			
DT62		350	2.62		66	0.92	44	42		0.50		0.57	154	0.41	20			
DT71	90	400	3.03	9000	66	0.91	49.8	44	2.58	0.60	19	0.62	144	0.44	16	1—10	38	彩图 17-12
DT71S		400	3.06		—	—	49.5	44		0.75		0.62	144	0.49	16			
DT72		500	3.71		68	0.90	49.8	52	2.58	0.60		2—0.49	133	0.49	13			
DT81	102	600	4.44	8000	69	0.89	56.6	48		0.70	19	2—0.55	116	0.57	14	1—10	38	彩图 17-12
DT81S		600	4.39		—			48		0.85		2—0.55	112	0.57	14			
DT82		800	5.90		71	0.87		64		0.70		2—0.62	96	2—0.47	10			

注　1. 冲片规格系指定子铁心外径尺寸；

2. 表中线径单位是 mm；前置“2—”表示 2 根并绕，下同。

附表 34

DT2 系列电动工具用单相串励电动机技术数据表

定子冲片规格 (mm)	额定参数						定子外径 (mm)	转子铁心				定子绕组		电枢绕组				参考图例
	功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数		外径 (mm)	长度 (mm)	气隙 (mm)	槽数	线径 n—φ	每极匝数	线径 n φ	元件匝数	实槽节距	换向片数	
56	140	220	1.10	14000	60	0.965	56	30.3	38	0.35	9	0.33	247	0.23	36	1 5	27	彩图 17-3
	204		1.75	14300	62	0.952			50			0.38	197	0.27	27			
71	275	220	2.10	12100	63.8	0.934	71	38.1	44	0.45	11	0.49	185	0.33	20	1-6	33	彩图 17-5
	385		2.70	13200	68	0.955			52			0.55	138	0.38	17			
90	550	220	4.00	9900	68.2	0.917	90	49.8	52	0.60	19	2 0.49	134	0.49	13	1-10	38	彩图 17-12
	770		5.40	12500	69	0.94			52			2 0.55	116	0.57	10			
	1250		8.10	13200	75	0.936			72			2—0.64	80	0.64	8			

注 表中线径单位为 mm。

附表 35

电动工具系列单相串励电动机技术数据表

定子冲片外径 (mm)	运行参数					转子铁心				定子绕组		电枢绕组					参考图例
	容量 (VA)	功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径 (mm)	长度 (mm)	气隙 (mm)	槽数	线径 (mm)	每极匝数	线径 (mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	换向片数	
56	140	80	220	0.80	8000	30.3	38	0.35	9	0.29	315	0.19	53	318	1 5	27	彩图 17 3
	140	80	220	0.79	8000					0.29	315	0.19	53	318			
	165	90	220	0.78	10000					0.28	310	0.21	46	276			
	185	92	36	5.60	10000					2 0.56	40	0.56	—				
56	210	120	220	1.10	12000	30.3	34	0.35	9	0.31	265	0.23	42	252	1 5	27	彩图 17-3
	220	130			13500		34			0.31	255	0.23	38	228			
	230	120			13000		38			0.33	248	0.23	36	216			
	240	140			14000		38			0.33	247	0.23	36	216			
56	250	140	220	1.20	14000	30.3	38	0.35	9	0.33	247	0.23	36	216	1--5	27	彩图 17-3
	280	160		1.40	15000		38			0.35	240	0.25	31	186			
	370	220		1.75	14000		55			0.41	175	0.29	25	150			
	380	230		1.78	14300		55			0.41	175	0.29	25	150			

续表

定子冲片外径(mm)	运行参数					转子铁心				定子绕组		电枢绕组					参考图例
	容量(VA)	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	外径(mm)	长度(mm)	气隙(mm)	槽数	线径(mm)	每极匝数	线径(mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	换向片数	
62	320 328 334 340	210 164 184 220	220 36 220 220	1.60 9.60 1.60 1.60	12600 8900 12600 13040	34.2	41 38 38 36	0.40	9	0.41 3 0.56 0.42 0.41	210 36 216 204	0.29 2 0.47 0.27 0.29	32 5 32 32	192 30 192 192	1 5	27	彩图 17-3
71	305 430 430	195 275 275	220	1.51 2.10 2.10	8500 12100 12100	38.1	44	0.45	11	0.41 0.49 0.50	212 185 185	0.29 0.33 0.33	27 20 20	162 120 120	1 6	33	彩图 17-5
80	485 520 550 630	310 360 350 450	220	2.40 2.50 2.50 3.20	13000 13300 8900 11000	44.0 44.1 43.9 43.9	38 42 42 48	0.50 0.45 0.55 0.55	11	0.57 0.57 0.55 0.59	152 160 173 148	0.42 0.41 0.36 0.44	19 18 24 16	114 108 144 96	1－6	33	彩图 17 5
80	630 780 900	450 375 600	220	3.20 3.70 4.10	11300 14500 11000	44.0 44.1 43.9	48 42 60	0.50 0.45 0.55	11	0.59 0.57 0.44	144 115 136	0.44 0.40 0.47	17 14 16	102 84 96	1 6	33	彩图 17 5
90	810 820 830	550 500 470	220	4.10 4.00 4.10	9900 11000 9900	49.8 49.7 49.8	52	0.60 0.65 0.60	19	2 0.49 0.50 0.50	134 132 134	0.49 0.52 0.50	13 12 13	52 48 52	1—10	38	彩图 17-12
90	920 1000 1800	630 660 1200	220	4.50 4.90 7.70	11000 12100 12000	49.8	52 52 76	0.60	19	2—0.50 0.55 2—0.64	126 110 76	0.53 0.57 0.64	12 11 8	48 44 32	1—10	38	彩图 17 12

附表 36

单相系列电钻串励电动机技术数据表

电钻型号	额定参数				定子铁心（mm）				定子绕组		电枢绕组					参考图例
	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	外径	内径	长度	气隙	每极匝数	线径（mm）	元件匝数	线径（mm）	转子槽数	实槽节距	换向片数	
□ J1Z2 -4	240*		—	—	56	31	38	0.35	247	0.33	36	0.23	9	1 5	27	
J1Z 6	80.3	220	0.91	12000	61.5	35.3	34	0.35	256	0.31	42	0.23	9	1 5	27	彩图 17-3
J1Z2 6			0.90	13000	61.7	35.4	34	0.40	262	0.31	42	0.23	9	1 5	27	
J1Z2 · 6	80.3		0.90	12000	61.4	35.4	34	0.30	244	0.38	42	0.23	9	1 5	27	
J1Z 6	190*	220	1.1	13500	61	35.3	34	0.35	255	0.33	38	0.23	9	1 5	27	彩图 17-3
□ J1Z2--6	240*			--	56	31	38	0.35	248	0.33	36	0.23	9	1 5	27	
J1Z—10	130		1.2	10800	73	41	40	0.35	198	0.38	26	0.27	12	1 6	36	彩图 16-8
J1Z2 -10	140	220	1.4	11500	75	42.7	37	0.35	170	0.44	24	0.29	13	1 7	39	彩图 16-10
□ J1Z2--10	320*		—	—	62	35	38	0.40	216	0.42	32	0.27	9	1 5	27	彩图 17-3
J1Z--13	280*		2.2	10000	85	46.3	45	0.40	190	0.50	18	0.38	12	1 6	21	彩图 17-8
J1Z--13	·	220	1.8	---				--	150	0.51	22	0.35	12	1 6	36	彩图 16-8
J1Z—13	·		2.2	10000	85	46.3	45	0.40	190	0.51	18	0.38	12	1 6	36	
□ J1Z2 13	430*			--	71	39	50	0.45	185	0.49	20	0.33	11	1 6	33	彩图 17-6
J1Z2—13	180	220	1.9	975	84.5	46.3	45	0.40	180	0.51	22	0.38	12	1 6	36	彩图 16-8
J1Z2 13	185		1.8	10000	85	46.8	45	0.35	150	0.51	23	0.35	12	1 6	36	
J1Z2 13	185	220	1.95	10000	84.7	46.3	45	0.425	164	0.51	23	0.35	12	1 6	36	彩图 16-8
J1Z 13	204	220	2.2	8500	95	50.9	41	0.30	140	0.51	20	0.35	13	1 7	39	彩图 16-10
J1Z 13		240	2.1	10000	85	46.3	45	0.40	190	0.51	20	0.38	12	1 6	36	彩图 16-8
J1Z -16	240	220	2.5	8500	95	50.9	41	0.30	140	0.62	17	0.41	13	1 7	39	彩图 16-10
□ J1Z2 -16	810*				90	51	52	0.60	134	2 0.49	13	0.49	19	1 10	38	彩图 17-12
J1Z—19	230		3.6	9000	102	58.7	46	0.50	120	2—0.56	12	0.47	15	1 8	45	
J1Z2—19	330	220	3.0	9000	95	54	48	0.45	120	0.72	14	0.51	15	1 8	45	彩图 17-11
J1Z2—19	440		3.6	—	102	58.7	46	0.50	100	0.80	12	0.47	15	1 · 8	45	
□ J1Z2- -19	810*		—	--	90	51	52	0.60	146	2 0.47	14	0.47	19	1 · 10	38	彩图 17-12
J1Z--23	1030*	220	5.1	8100	102	58.7	46	0.50	120	2 0.56	12	0.53	15	1 8	45	彩图 17-11
□ J1Z2—23	—		—	--	90	51	52	0.60	134	2—0.56	13	0.50	19	1 10	38	彩图 17-12

注 1. 表中功率栏的参数仅供参考，其中带“*”者为输入功率；

2. 单相电钻的生产厂家众多，由于各种原因并无统一标准，所列参数仅供参考。

附表 37 **单相（低电压）电钻串励电动机技术数据表**

电钻型号	额定参数				定子铁心				定子绕组		电枢绕组					参考图例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	外径(mm)	内径(mm)	长度(mm)	气隙	每极匝数	线径(mm)	元件匝数	线径(mm)	转子槽数	实槽节距	换向片数	
J1Z－6	—	36	5.6	10000	61	35.3	34	0.35	42	2－0.55	7	2 0.41	9	1 5	27	彩图 17 3
J1Z－6	—	110	2.2	13500	61	35.3	34	0.35	128	0.47	19	0.33	9	1 5	27	
J1Z－10	—	24	12	9900	73	41	40	0.35	22	3－0.69	4.5	0.41＋0.69	12	1－6	24	彩图 17-8
J1Z－10	—	36	7.3	9900	73	41	40	0.35	35	2—0.69	6.5	0.69	12	1—6	24	
□ J1Z2—10	320	36	—	—	62	35	40	0.40	40	2－0.57	6	0.57	9	1 5	27	彩图 17 3
J1Z—10	—	110	2.5	10300	73	41	40	0.35	96	0.55	13	0.38	12	1 6	36	彩图 15 8
□ J1Z2－13	430	36			71	39	52	0.45	36	3 0.56	5	2 0.47	9	1 5	27	彩图 17-3
J1Z—13	—	36	11	7000	85	46.3	45	0.40	25	3—0.72	6	0.53＋0.67	12	1 6	24	彩图 17-8
J1Z—13	280	36	—	—	85	46.3	45	0.40	42	2—0.56	7	2－0.42	9	1 5	27	彩图 17 3
J1Z－13	—	110	4.4	10000	85	46.3	45	0.40	95	0.67	9	0.53	12	1 6	36	彩图 16-8
□ J1Z2—16	810	36	—	—	90	51	52	0.60	29	3—0.72	9	2—0.59	11	1—6	33	彩图 17-5
J1Z—19	230	36	—	-	102	58.7	46	0.50	25	3 0.71	6	0.53＋0.67	12	1—6	24	彩图 17-8
J1Z—19	—	110	7.2	9000	102	58.7	46	0.50	60	3 0.62	9	2 0.47	15	1 7	30	彩图 17-9

附表 38 **常用电动工具单相串励电动机技术数据表**

电动工具		运行参数				定子铁心（mm）				定子绕组		电枢绕组						参考图例
品种	型号	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	外径	内径	长度	气隙	线径(mm)	每极匝数	线径(mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	转子槽数	换向片数	
角向磨光机	□ S1MJ—100 S1MJ—125 □ S1MJ—180 □ S1MJ—230	370 580 1700	220	1.75 2.71 7.8	10000 10000 8000 6000	56 71 90	31 39 51	55 52 76	0.35 0.45 0.60	0.41 0.55 2－0.64	175 138 80	0.29 0.38 0.64	25 12 8	150 102 32	1—5 1—6 1－10	9 11 19	27 33 38	彩图 17-3 彩图 17-6 彩图 17-12

续表

电动工具		运行参数				定子铁心 (mm)				定子绕组		电枢绕组						参考图例
品种	型号	功率 (W)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	外径	内径	长度	气隙	线径 (mm)	每极匝数	线径 (mm)	元件匝数	每槽线数	实槽节距	转子槽数	换向片数	
电动扳手	回 P1B -8	180	220	0.91		56	31	38	0.40	0.29	281	0.21	45	270	1 5	9	27	彩图 17-3
	回 P1B—12	174		0.79	8000				0.45		317	0.19	53	318				
	回 P1B—16	304	220	1.51	8500	71	39	44	0.60	0.41	212	0.29	27	162	1 6	11	33	彩图 17-6
	回 P1B—20	479		2.4	8900	80	45	42	0.55	0.55	173	0.38	24	144				
	回 P1B—24	620		3.2	11000	80	45	60	0.55	2- 0.44	136	0.47	16	96				
电剪刀	回 J1JZ—1.5 回 J1JZ—2	250	220	1.2	14000	56	31	38	0.35	0.33	247	0.23	36	216	1—5	9	27	彩图 17-3
型材切割	回 GZ—300 J1GP—300	1550	220	7.5	—	90	51	72	0.60	2—0.64	82	0.64	8	32	1 10	19	38	彩图 17-12
	日本 2414—355	2200	220	—	—	95	50.5	70	—	0.89	80	0.57	9	54	1 -6	12	36	彩图 16-8
曲线锯	回 M1Q—3	250	220	1.2	12100	56	31	38	0.35	0.33	247	0.23	36	216	1 5	9	27	彩图 17-3
拉铆机	回 P1M—5	280	220	1.39	—	56	31	38	0.35	0.35	240	0.25	31	186	1 -5	9	27	
螺纹攻丝	回 J1S -8	288	220	1.39	14000	56	31	38	0.35	0.35	240	0.25	31	186	1 -5	9	27	彩图 17-3
	回 J1S 12	567		2.71		71	39	52	0.45	0.55	138	0.38	17	102	1 -6	11	33	彩图 17-6
木工电动圆锯	回 M1Y—200	1000	220	5.0	12100	90	51	54	0.60	2—0.31	119	0.55	10	40	1—10	19	38	彩图 17-12
	回 M1Y—250	1250		6.0	—			64		2—0.59	96	0.59	9	36				
	回 M1Y—300	1500		7.0	—			72		2 -0.64	82	0.64	8	32				
木工电刨	回 M1B—60/1	400	220	1.95	12500	62	35	42	0.45	0.41	210	0.29	28	168	1 5	9	27	彩图 17-3
	回 M1B—80/2	640		3.16	11300	80	45	48	0.50	0.59	144	0.44	17	102	1 -6	11	33	彩图 17-6
冲击钻	回 Z1J—10	290	220	1.4	15000	56	31	38	0.35	0.35	240	0.25	31	186	1 5	9	27	彩图 17-3
	回 Z1J -12	350		1.6	—	62	35		0.45	0.35	240	0.28	32	192				
	回 Z1J—16	390		1.86	—	62	34.1		0.35	0.42	200	0.29	27	162				

电动工具		运行参数				定子铁心（mm）				定子绕组		电枢绕组						参考图例
品种	型号	功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	外径	内径	长度	气隙	线径（mm）	每极匝数	线径（mm）	元件匝数	每槽线数	实槽节距	转子槽数	换向片数	
电锤	□ Z1C—16	480		2.3	-	71	40	36		0.47	180	0.35	20	120			33	彩图 17-6
	□ Z1C—22	520	220	2.5		71	39	56	0.45	0.50	190	0.38	24	96	1—6	11	22	彩图 17-4
	□ Z1C—26	520		2.5	13300	80	45	42		0.57	160	0.41	16	96			33	彩图 17-6
湿式磨光	□ Z1M—80	370	220	1.75	—	56	31	55	0.35	0.41	175	0.29	25	150	1—5	9	27	彩图 17-3
	□ Z1M—100	580		2.71	—	71	39	52	0.45	0.55	138	0.38	12	102	1—6	11	33	彩图 17-6
插入振动	ZP—25 ZP—35 ZP—50	800	220	—	15000	90	51	52	0.60	2—0.47	146	0.47	14	56	1—10	19	38	彩图 17-12
石膏电锯		120	220	0.65		61	35.3	34	0.35	0.31	255	0.23	38	228	1—5	9	27	彩图 17-3

注 1. 表中功率栏是输入功率；

2. 绕组导线采用 QZ—2 型高强度漆包线，电刷牌号为 D374L；

3. 电枢绕组采用单叠式，换向器节距 $Y_K=1$。

附表 39　　吸尘器用单相串励电动机技术数据表

吸尘器型号	额定参数		定子铁心（mm）			定子绕组			电枢参数							风量（m³/min）	参考图例
	功率（W）	电压（V）	外径	内径	长度	线径（mm）	每极匝数	线圈数	线径（mm）	元件匝数	每槽线数	转子槽数	实槽节距	换向片数	换向节距		
WX—4A	170	220	56	31	35	0.31	297	2	0.21	44	264	9	1—5	27	1—2	0.70	彩图 17-3
WX—10A	1000		95	48	34	0.70	160		0.50	18	72	12	1—6	24		2.10	彩图 17-8
VX—20	200		—	—		0.31	330		0.21	50	200	10	1—5	20		0.80	彩图 16-2
VC—620	620	220	88	47	21	0.50	160	2	0.35	24	96	11	1—6	22	1—2	1.60	彩图 17-4
VW2—80	800		—	—	—	0.67	136		0.47	17	68	12	1—6	24		1.80	彩图 17-8

续表

吸尘器型号	额定参数		定子铁心（mm）			定子绕组			电枢参数							风量（m^3/min）	参考图例
	功率（W）	电压（V）	外径	内径	长度	线径（mm）	每极匝数	线圈数	线径（mm）	元件匝数	每槽线数	转子槽数	实槽节距	换向片数	换向节距		
V2—40	400	220		—	—	0.53	190	2	0.38	22	132	12	1 6	36	1 2	1.25	彩图16-8
V4 60	600		–			0.53	160		0.38	23	92	12		24		2.30	彩图17 8
BTX—11B	370	220	63	34	16	0.44	192		0.31	25	100	12	1—6	24	1 2	0.80	彩图17-8
BTX	400		–	—		0.53	190		0.38	22	132	12		36		1.25	彩图16-8
BTX	600		—	—	—	0.53	160		0.38	23	92	12		24		1.60	彩图17 8
TX8A—62	620	220	88	47	21	0.50	160		0.35	24	96	11	1 6	22	1 2	1.60	彩图17-4
TX8A 80	800		95	48	28	0.60	200		0.40	18	72	12		24		1.90	彩图17-8
TX8A—80	800		—			0.67	136		0.47	17	68	12		24		1.80	
TX8A—100	1000		95	48	34	0.70	160		0.50	18	72	12		24		2.10	

附表 40　　家用小型电吹风单相及直流电动机技术数据表

电机类型	型号	输入功率（W）	电机参数				定子铁心（mm）				定子绕组			电枢绕组					参考图例
			功率（W）	电压（V）	电流（A）	转速（r/min）	外径	内径	长度	气隙	线径（mm）	每极匝数	线圈数	线径（mm）	元件匝数	转子槽数	实槽节距	换向片数	
永磁式	幸福—350	350	10.8	18	0.60	8800	–		13	0.25	永磁定子			0.12	210	3	1 2	3	彩图17 1
	782型	500	6.0	20	0.30	5000		–	14					0.13	510				
	—	—	—	10	—		34.5	24.5	16	0.50	永磁定子			0.15	220	3	1—2	3	彩图17-1
	—			18			24.5	14.5	13	0.25				0.12	210				
串励式	HD450	450	22.5	220	0.11	14500	—	—	16	0.25	0.10	1800	2	0.C8	450	8	1—4	8	彩图17 2
	604型	450	28		0.15	3500	40	21.6	20	0.35	0.12	1200		0.C9	250				
	万里—636	550	29		0.15	3500	40	21.6	24	0.35	0.11	1300		0.C9	300				
罩极式	HD450—A	450	24	220	0.15	2800	—	—	20.5	0.25	0.14	1700	2	2.80	罩极线圈				凸极定子集中绕组
	万里—642	450	25		0.16	2500			19	0.30	0.15	1600		2 2.34					
	638型	550	24		0.26	2500	–	–	18	0.30	0.21	2300		2.30					
	—	550	24		0.26	2800	—	–	18	0.30	0.21	2100		2.34					

附表 41 **家用电动缝纫机单相串励电动机技术数据表**

电机型号	电机参数				定子铁心(mm)			定子绕组			电枢绕组						调速方式	参考图例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	外径	内径	长度	线径(mm)	每极匝数	线圈数	线径(mm)	元件匝数	转子槽数	线圈节距	换向片数	换向节距		
79 40Y75	75	220	0.37	6000	63	35.8	27	0.23	620	2	0.17	70	12	: 6	24	1 2	电阻调速	彩图 17-8
79 40Y100	100		0.49	5000			27	0.25	460		0.18	75	12		24			
79--40Y130	130		0.63	7000			27	0.27	360		0.19	65	12		24			
JF6028	60		0.30	8000			29	0.23	480		0.15	100	11		22			彩图 17 6
JF8025	80		0.40	5000			29	0.23	480		0.15	100	11		22			
JF1025	100		0.50	7000			31	0.25	450		0.17	90	11		22			
5024 型	50	220	0.32	4000				0.23	480	2	0.15	110	11	1- 6	22	1 - 2		彩图 17-6
6028 型	60		0.33	8000	—		—	0.23	620		0.15	105			22			
65--9 型	70		0.34	5500		–	—	0.23	580		0.16	80			33			
6028—A 型	80		0.36	8000	—	—	--	0.23	400		0.17	100			22			

注 本表电动机的功率系输入功率。

附表 42 **家用电动剃须刀永磁式电动机技术数据表**

电机型式	电机参数				定子磁钢				转子铁心			电枢绕组					参考图例
	工作电压(V)	空载电流(A)	负载电流(A)	负载转速(r/min)	外径(mm)	内径(mm)	气隙(mm)	磁场强度(T)	外径(mm)	长度(mm)	槽数	线径(mm)	元件匝数	实槽节距	换向片数	换向节距	
直筒式	1.5	0.20	<0.40	4500~5500	30.0	23.0	1.5	~0.075	21.5	9.0	3	0.35	86	1 2	3	1 2	彩图 17-1
弯头式	1.5	0.20	<0.40	5500~6500	34.3	24.5	1.0	0.07~0.08	23.5	6.5	3	0.38	60	1—2	3	1—2	
卧 式	3	0.14	<0.28	5500~6500	34.5	24.5	1.0	0.07~0.08	23.5	6.5	3	0.25	120	1—2	3	1—2	
双夹式	3	0.18	<0.30	5000~6000	27.0	18.5	1.5	0.07~0.08	17	11	3	0.27	76	1—2	3	1—2	

附表 43　　　　汽车常用直流发电机技术数据表

电机型号	电机参数			定子绕组					电枢绕组									参考图例
	额定功率(W)	标称电压(V)	极限转速(r/min)	导线型号	线径(mm)	每极匝数	每极电阻(Ω)	模板厚度(mm)	绕组型式	导线型号	线径(mm)	并绕根数	元件匝数	转子槽数	实槽节距	换向片数	换向节距	
F29B F28 130B F29C	150	12	4800	QZ	0.74	330		10	单叠	QZ	1.25	2	4	15	1 8	30	1 2	彩图 18-1
QZL—1 160	—	—	—	QZL—2	0.64	510	9.5±0.4	8.7	单叠	QM	0.90	1	5	20	1 10	40	1—2	彩图 18-2
QZL—1—160A		—	—	QZL—2	0.80	445	8.9±0.2	10.7	单叠	QM	0.90	1	5	20	1—10	40	1—2	彩图 18-2
F30 F46—130 F31	300	24	7500	QZ	0.64	510	9.5±0.4	8.7	单叠	QM	0.90	1	5	20	1 10	40	1—2	彩图 18-2
F33B—130B	220	12	7500	QZ	0.74	314	3.5±0.2	10	单叠	QM	1.12	2	5	15	1—8	30	1—2	彩图 18-1
F66	250	12	—	QZ	1.0	240	6.3±0.3		死波	QZ 2	1.56	1	6	21	1—6	42	1 21	彩图 18-3

注　1. 导线型号：QZ—高强度漆包圆铜线，QZ—2—强型高强度漆包圆铜线，QM—单纱漆包圆铜线，QZL 高强度漆包铝线；
2. F66 系四刷四极发电机，电枢绕组为带 1 死元件的单波绕组；
3. 每极电阻为 20℃时参考值。

附表 44　　　　汽车及内燃机用交流发电机技术数据表

发电机型号	运行参数				转子激磁绕组				定子电枢绕组							彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	线径(mm)	激磁匝数	并联路数	线圈电阻	绕组型式	绕组极数	线径(mm)	线圈匝数	定子槽数	线圈节距	绕组接法	
JF1114	140	14	10.0	2800	0.55	480	1	4.7	单链	10	0.83	25	30	1 4	Y	彩图 18-5
2JF150B；2JF150	150	14	11.0	2000	0.51	830	1	11.6	单链	12	1.08	13	36	1—4	Y	彩图 18-6
JF01	150	14	11.0	2000	0.53	500	1	5.0	单链	8	1.04	21	24	1—4	Y	彩图 18-4

续表

发电机型号	运行参数				转子激磁绕组				定子电枢绕组							彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	线径(mm)	激磁匝数	并联路数	线圈电阻	绕组型式	绕组极数	线径(mm)	线圈匝数	定子槽数	线圈节距	绕组接法	
2JF200；JFZ1211Y；2JF200A；JFZ1211Z；2JF200N；JFZ1212Y	200	14	14.5	3500	0.51	730	1	10.5	单链	12	1.08	13	36	1 -4	Y	
JF23	350	28	12.5	3000	0.47	1100	1	20	单链	12	0.83	25	36	1 4	Y	彩图 18-6
JF11；JF1314 1；JF11A；JF1314—B；JF1313Z；JF1313Z	350	14	25.0	3500	0.67	580	1	4.8	单链	12	1.08	13	36	1--4	Y	
JF11；JF11C	350	14	25.0	3400	0.62	520	1	5.3	单链	12	1.08	13	36	1 4	Y	
JF12；JF12A	350	28	12.5	3500	0.44	1060	1	19.3	单链	12	0.83	25	36	1 4	Y	彩图 18-6
JF13；JF13E	350	14	25.0	2500	0.62	530	1	5.3	单链	12	1.04	13	36	1—4	Y	
JFZ1311Y；JFZ1311Z；JFZ1312Y	350	14	25.0	3500	0.67	580	1	4.7	单链	12	1.08	13	36	1- 4	Y	
JFZ2311Y；JFZ2311Z	350	28	12.5	3500	0.47	850	1	14	单链	12	0.90	20	36	1 4	Y	彩图 18 6
JF152D	500	14	36	2500	0.67	600	1	5.5	单链	12	2 1.08	11	36	1 4	Y	
JFZ2512Z	500	28	18	3500	0.51	1200	1	18.8	单链	12	1.08	20	36	1—4	Y	
JFZ1514Y	500	14	36	4800	0.67	580	1	4.8	单链	12	1.25	10	36	1—4	Y	彩图 18-6
2JF500	500	14	36	3500	0.74	640	1	4.7	单链	12	2—1.08	10	36	1 -4	Y	
3JF500；3JF500A；3JF500B；3JF2512；3JF2512B	500	28	18	3500	0.51	1200	1	18.8	单链	12	1.08	20	36	1 4	Y	彩图 18-6
JF15	500	14	36	3000	0.67	600	1	5.5	单链	12	1.35	11	36	1 4	Y	
JF21	500	14	36	3000	0.64	575	1	—	单链	12	2—1.08	11	36	1 -4	Y	彩图 18-6
JF22	500	28	18	3000	0.47	1000	1	18	单链	12	1.08	21	36	1--4	Y	

续表

发电机型号	运行参数				转子激磁绕组				定子电枢绕组							彩图范例
	功率(W)	电压(V)	电流(A)	转速(r/min)	线径(mm)	激磁匝数	并联路数	线圈电阻	绕组型式	绕组极数	线径(mm)	线圈匝数	定子槽数	线圈节距	绕组接法	
JF25	500	28	18	3000	0.47	1100	1	20	单链	12	1.00	21	36	1—4	Y	彩图 18-6
JFZ2712B	700	28	25	3500	0.51	1200	1	18.8	单链	12	1.12	19	36	1—4	Y	
JF173	750	14	54	3500	0.85	700	1	6.0	单链	14	2—1.20	7	42	1—4	Y	彩图 18-7
JF17	750	14	54	3000	0.74	700	1	5.0	单链	12	1.68	7	36	1—4	Y	彩图 18-6
JF27	750	28	27	3000	0.59	1100	1	13	单链	12	1.25	15	36	1—4	Y	
JF750	750	14	54	3500	0.67	950	1	8.6	单链	12	2—0.93	15	36	1—4	Y	彩图 18-6
2JF750	750	14	54	3000	0.86	600	1	3.53	单链	12	1.20	8	36	1—4	Y	
3JF750	750	28	27	3000	0.67	950	1	8.5	单链	12	2—0.93	15	36	1—4	Y	
JF2812；JF2812Y	1000	28	36	3500	0.74	1000	1	9.6	单链	14	2—1.08	12	42	1—4	Y	彩图 18-7
JF1000	1000	28	36	2500	0.67	1250	1	14.7	单链	14	2—1.0	12	42	1—4	Y	
JF210	1000	28	36	2500	0.67	1200	1	13	单链	12	2—1.08	12	36	1—4	Y	彩图 18-6
JF1000—1；JF1000N—1	1000	28	36	2250	0.74	1000	1	9.6	单链	14	2—1.08	12	42	1—4	Y	彩图 18-7

注 1. 线圈电阻是指 20℃时阻值，单位 Ω；

2. 绕组采用高强度漆包圆铜线绕制。

附录三　电机重绕修理常用材料

附表 1　　**高强度（QZ、QQ、QY、QXY、QQS）漆包圆铜线数据表**

铜线直径 (mm)	绝缘外径 (mm)	铜截面积 (mm^2)	20℃导线电阻 (Ω/km)	重　量 (kg/km)	铜线直径 (mm)	绝缘外径 (mm)	铜截面积 (mm^2)	20℃导线电阻 (Ω/km)	重　量 (kg/km)
0.15	0.190	0.0177	993	0.167	0.77	0.86	0.466	37.6	4.24
0.16	0.200	0.0201	872	0.189	0.80	0.89	0.503	34.8	4.58
0.17	0.208	0.0227	773	0.210	0.83	0.92	0.541	32.4	4.92
0.18	0.220	0.0255	689	0.237	0.86	0.95	0.581	30.1	5.27
0.19	0.230	0.0284	618	0.264	0.90	0.99	0.636	27.5	5.78
0.20	0.240	0.0314	558	0.292	0.93	1.02	0.679	25.8	6.16
0.21	0.250	0.0346	506	0.321	0.96	1.05	0.724	24.2	6.56
0.23	0.280	0.0415	422	0.386	1.00	1.11	0.785	22.4	7.14
0.25	0.300	0.0491	357	0.454	1.04	1.15	0.850	20.6	7.72
0.27	0.320	0.0573	306	0.529	1.08	1.19	0.916	19.1	8.32
0.29	0.340	0.0661	265	0.608	1.12	1.23	0.985	17.8	8.94
0.31	0.360	0.0755	232	0.693	1.16	1.27	1.057	16.6	9.59
0.33	0.380	0.0855	205	0.784	1.20	1.31	1.131	15.5	10.4
0.35	0.410	0.0962	182	0.884	1.25	1.36	1.227	14.3	11.2
0.38	0.440	0.1134	155	1.04	1.30	1.41	1.327	13.2	12.1
0.41	0.470	0.1320	133	1.21	1.35	1.46	1.431	12.3	13.0
0.44	0.500	0.1521	115	1.39	1.40	1.51	1.539	11.3	14.0
0.47	0.530	0.1735	101	1.58	1.45	1.56	1.651	10.6	15.0
0.49	0.550	0.1886	93.0	1.72	1.50	1.61	1.767	9.93	16.0
0.51	0.580	0.2043	85.9	1.84	1.56	1.67	1.911	9.17	17.3
0.53	0.600	0.221	79.5	2.02	1.62	1.73	2.06	8.50	18.6
0.55	0.620	0.238	73.7	2.17	1.68	1.79	2.22	7.91	20.0
0.57	0.640	0.255	68.7	2.34	1.74	1.85	2.38	7.37	21.4
0.59	0.660	0.273	64.1	2.50	1.81	1.93	2.57	6.81	23.3
0.62	0.690	0.302	58.0	2.76	1.86	2.00	2.78	6.31	25.2
0.64	0.72	0.322	54.5	2.94					
0.67	0.75	0.353	49.7	3.21					
0.69	0.77	0.374	46.9	3.41					
0.72	0.80	0.401	43.0	3.70					
0.74	0.83	0.430	40.7	3.92					

附表 2　　小型电机绕组重绕修理常用绝缘材料

用　途	E　级	B　级	F　级
绕组主绝缘	(1) 6520 聚酯薄膜绝缘复合箔 (2) 6530 聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	(1) 6530 聚酯薄膜玻璃漆复合箔 (2) DMD、DMDM 聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔 (3) 2432* 醇酸玻璃丝漆布	(1) 聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔(NMN) (2) 聚酯薄膜芳香族聚砜酰胺纤维纸复合箔 (SMS)
包绕用绝缘	(1) 2412 油性玻璃漆布 (带) (2) 无碱玻璃带浸渍相应绝缘漆	(1) 2430 沥青醇酸玻璃漆布 (带) (2) 2432 醇酸玻璃漆布 (带) (3) 无碱玻璃丝带浸渍相应绝缘漆	(1) 2450 有机硅玻璃漆布 (带) (2) 2560 聚酰亚胺玻璃漆布 (带) (3) 聚酰亚胺薄膜
局部绑扎	聚酯绑扎带	聚酯绑扎带	环氧绑扎带
绕组端部捆扎绝缘	(1) 聚酯绑扎带 (2) 聚酯玻璃丝无纬带	聚酯玻璃丝无纬带 (B—17)	环氧玻璃丝无纬带 (F—17)
接头套管绝缘	(1) 2731 糊状聚氯乙烯玻璃漆管 (2) 2714 油性玻璃丝套管	(1) 2730 醇酸玻璃丝漆管 (2) 2731 聚氯乙烯玻璃漆管	(1) 硅橡胶玻璃丝管 (2751) (2) 有机硅玻璃漆管 (2750)

注　1. 表中带“*”者主要用于直流电机绕组修理；
2. 表中材料名称前及后括弧内所列皆是型号；
3. 绕组主绝缘材料系指槽绝缘、层间绝缘、相间绝缘及槽封盖绝缘材料。

附表 3　　小型电机绕组常用引出线及安全电流

	型　号	名　称	用　途
引出线及用途	JACL—2 JACL—4 JACL—6 JACL—8	多层漆绸，纤维编织蜡克线	适用于额定电压 380V 及以下电机 E 级以下绝缘引出线
	JHX JHXG—500	硅橡胶绝缘电机绕组引接线	适用于额定电压 380V 及以下交流电机 F 级以下绝缘引出线
	JBV	耐热聚氯乙烯绝缘多股软铜线	适用于额定电压 380V 及以下交流电机 A 级绝缘引出线
	JBX	丁基橡胶绝缘多股软铜线	适用于额定电压 500V 及以下电机 A 级绝缘引出线
	JBXHF	丁基橡胶绝缘耐燃护套电机引接线	适用于额定电压 500V 及以下耐燃电机 A 级绝缘引出线
	JBQ—500	橡胶绝缘丁腈护套引接线	适用于额定电压 500V 以下电机 E 级、B 级绝缘引出线
	JBF—500	丁腈聚氯乙烯复合绝缘引接线	适用于额定电压 500V 及以下电机 B 级绝缘引出线
	JBYH—500	氯磺化聚乙烯橡皮绝缘引接线	适用于额定电压 500V 及以下交流电机 B 级绝缘引出线
	JFEH—500	乙丙橡胶绝缘引接线	适用于额定电压 500V 交流电机 F 级绝缘引出线

续表

引出线选用	导线截面（mm²）	安全电流（A）	导线截面（mm²）	安全电流（A）	导线截面（mm²）	安全电流（A）
	1.0	6以下	2.5	11～20	6.0	31～45
	1.5	6～10	4.0	21～30	10.0	40～60

附表 4　　电机绕组捆扎常用无纬带性能

名　称	纤维量	绝缘等级	规格 厚×宽（mm）	抗拉强度（MPa）					无纬带类型		聚酯无纬带		环氧无纬带		聚酰亚胺无纬带	
				常温	130℃	180℃	0℃	室温（>30℃）	固化温度与时间		温度（℃）	时间（h）	温度（℃）	时间（h）	温度（℃）	时间（h）
聚酯B型	73%±3%	B	0.17×25	780	470～510	—	—	3个月	加热固化工艺程序	1	80～90	2	80～90	2	80	2
环氧B型	75%±2%	F	0.17×25	880	530～570	—	1个月	—		2	110～120	2	110～120	2	100～120	4
环氧H型	75%±2%	F	0.17×25	780	—	470～510	1个月	—		3	130～140	17	130～155	17	160	3
聚胺—酰亚胺型	68%	H	0.17×25	600	—	490	1个月	—		4	—	—	—	—	180	2
聚芳烷基醚酚型	73%	H	0.17×25	—	—	490	半年	—		5	—	—	—	—	200	2

附表 5　　小型电机定子绕组常用绝缘漆及其主要性能

类别	绝缘等级	名　称	型　号	性能特点	主要用途	稀释剂	烘燥条件 温度（℃）	烘燥条件 时间（h）
绝缘浸渍漆	A	耐油清漆	1012	耐油、耐湿、干燥、时间短，漆膜光滑	电机绕组浸渍漆	200号溶剂	105	2
		甲酚清漆	1014	有良好的介电和耐油性，易于干燥，但对油性漆包线有侵蚀作用	电机及电器线圈浸渍	甲苯、松节油	105	0.5
	E、B	醇酸清漆	1030	有较好耐油及耐弧性能	适用于浸渍，也可用作覆盖	甲苯、二甲苯	105	2
		三聚氰胺醇酸漆	1032、A30—1	有较好的附着力和干透性，且弹性好又耐热、耐油、耐电弧	可用于湿热带电机绕组浸渍或零件表面覆盖	甲苯、200号溶剂	105	2
		环氧酯漆	1033、H30—2	有较好的耐油、耐热、耐湿性，形成的漆膜光滑、有弹性，且机械强度高	用途同1032	二甲苯、丁醇	120	2
		环氧醇酸漆	8340、H30—6	耐热性、耐潮性较好，机械强度高且粘结力强	可浸渍热带电机绕组	甲苯、二甲苯	105	<1.5

续表

类别	绝缘等级	名称	型号	性能特点	主要用途	稀释剂	烘燥条件	
							温度(C)	时间(h)
绝缘浸渍漆	F	聚酯浸渍漆	155、Z30—2	耐热性及电气性能好，粘结力强	电机绕组及电器线圈浸渍	丁醇、二甲苯	130	1～3
	H	硅有机清漆	1050	耐热性及固化性能好，且有耐油、防霉性能	适用于高温场合使用的电机绕组浸渍	甲苯	200	0.5
			1052	性能基本同1050，但耐热性稍低，优点是可在常温下干燥	常用于电机、电器线圈浸渍以及零件表面覆盖	甲苯	20	0.25
			1053、W30—1	耐热性能和电气性能好，但烘干温度较高	电机绕组及电器线圈浸渍以及零件表面覆盖	二甲苯	200	1.5～2
		低温干燥有机硅漆	9111	耐热较1053稍差，但烘干温度较低，干燥快	电机绕组浸渍及绝缘零件涂覆	甲苯	150	0.25～1
覆盖漆	B、E	灰磁漆	1320、1321	漆膜坚硬，机械强度高且耐油、耐弧性好，但耐潮性及介电性能较差	一般只用于电器线圈及电机绕组表面防油覆盖用漆	二甲苯	105	3
	E	气干红磁漆	1323	性能基本同1320，但可在低温下干燥	适用于不能在高温下干燥的线圈或零部件的覆盖	二甲苯	20	24
	F、H	硅有机磁漆		耐油、耐热、耐潮性能都较好、介电强度也较高，且能耐受表面冲击	适用于高温使用的线圈覆盖	二甲苯	200	3
叠片用漆	—	硅钢片漆	1610 1611	可在（450～550）C高温条件快速干燥	用于电机、电器铁心叠片间绝缘	煤油	210	0.2

附表 6　　小型电机转子绕组常用绝缘漆及其主要性能

类别	绝缘等级	名称	型号	性能特点	主要用途	稳定贮存(月)	粘度(s)	胶化条件	
								温度(C)	时间(min)
无溶剂漆	B	环氧无溶剂（滴浸）漆	H30—5	固化快速，介电强度高，粘度较低，流动性较好	适用于滴浸低压小型电机绕组	72h	85～100(20C)	130	15～20
			111	粘度低，固化快，介电强度高，但贮存稳定性较差	适用于小型低压电机及电器线圈滴浸	30h	30～60(20C)	120	8～12
			672—1	挥发物少，固化快、体积电阻高，但贮存期短	适用于小型电机、线圈滴浸	30h	150(25C)	130	3～4
			9102	挥发物少，固化快，但贮存稳定性差	适用于小型电机绕组及线圈滴浸	24h	110～240(20C)	130	14～17

续表

类别	绝缘等级	名称	型号	性能特点	主要用途	稳定贮存（月）	粘度（s）	胶化条件	
								温度（℃）	时间（min）
无溶剂漆	B	环氧无溶剂（沉浸）漆	110	粘度低，贮存稳定性好，介电强度高	适用于小型电机及线圈沉浸	4	30～70（20℃）	—	—
			594	粘度低，体积电阻高，贮存稳定性好，在高温下固化快速	适用于沉浸中型高压电机、电器线圈	12	19～25（60℃）	200	5～10
			9101	粘度低，体积电阻高，贮存稳定性好	适用于沉浸中型高压电机绕组及电器线圈	6	40～65（20℃）	140	30～60
	B	环氧聚酯无溶剂漆	1034	挥发物较少，固化快，但耐霉性能和贮存稳定性差	适用于小型电机，线圈滴浸	24h	120～240（20℃）	120	6～12
	B	环氧聚酯酚醛无溶剂漆	5152—2	耐潮湿及介电性能好，粘度较低，不需活性溶剂，固化快速且贮存稳定性较好，机械强也较高	适用于沉浸小型低压电机绕组	3	15～30（25℃）	130	12～15
有溶剂漆	B	三聚氰胺醇酸漆	1032	有较好的耐油性、耐干性，漆膜光滑，渗透力强且粘结力好，也很耐潮，但固体含量少，只有47%左右，故挥发物较多，故必须多次浸渍	可用于转速较低的各种电动机转子绕组的浸渍	—	30～60	105	120
无溶剂漆	F	不饱和聚酯无溶剂漆	319—2	粘度较低，电气性能较好，贮存稳定性也较好	可用于F级绝缘的电机、电器线圈沉浸	6	30～60（25℃）	155	180
	F	环氧聚酯无溶剂漆	EIU	粘度低，挥发物少，耐压强度高，贮存稳定性好	适用于F级小型电机绕组及电器线圈沉浸	3	20～50（25℃）	—	—

注　粘度采用4号粘度计杯。